BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

VON

PROF. DR. GUSTAF RETZIUS

NEUE FOLGE

XVI.

MIT XXVII TAFELN

INHALT

STOCKHOLM
GEDRUCKT IN
AFTONBLADET'S DRUCKEREI
1911

JENA
VERLAG VON
GUSTAV FISCHER

Herausgegeben d. 20 Dec. 1911.

Doctor Al. Hrdlička,
Washington

with the Authors best Compliments

BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

NEUE FOLGE

XVI.

BIOLOGISCHE

UNTERSUCHUNGEN

VON

PROF. DR. GUSTAF RETZIUS

NEUE FOLGE

XVI.

MIT XXVII TAFELN

STOCKHOLM
GEDRUCKT IN
AFTONBLADET'S DRUCKEREI
1911

JENA
VERLAG VON
GUSTAV FISCHER

DEM ANDENKEN

EDOUARD VAN BENEDEN'S

DES BAHNBRECHENDEN EMBRYOLOGEN

UND

ZYTOLOGEN

IN VEREHRUNG UND FREUNDLICHER ERINNERUNG

GEWIDMET

VORWORT.

Nachdem ich im vorigen Jahre in dem XV. Bande dieser Serie die Ergebnisse meiner Untersuchungen über den Bau, die erste Entwicklung und die Befruchtung, resp. die Parthenogenese, der Eier bei den Echinodermen, vor allem bei dem Parechinus miliaris, und dazu noch über den Bau der Eier verschiedener anderer Tiere veröffentlicht hatte, setzte ich in diesem Jahre die genannten Studien an denselben und mehreren anderen Vertretern des Tierreichs fort, um in die fraglichen Probleme noch tiefer eindringen zu können.

In erster Linie wählte ich hierzu den *Asterias rubens* aus und suchte dabei ganz besonders mit Hülfe der Ehrlich-Biondi-Färbungsmethode die morphologisch nachweisbaren *Veränderungen in dem Zustand des Keimbläschens während der Ausbildungs- und Reduktionsperiode* desselben zu verfolgen. Dies gelang mir in einigen Beziehungen in unerwarteter Weise. Nachdem aber die im Gullmarfjord, an dem die Schwed. Zoologische Station der K. Akademie der Wissenschaften gelegen ist, zahlreich vorhandenen Asterien, wahrscheinlich infolge von plötzlich eingetretenen Veränderungen in der Zusammensetzung des Meerwassers, ihre Geschlechtsprodukte beinahe sämtlich in noch nicht ganz reifem Zustand abgegeben hatten, musste ich an den Eiern anderer Tiere die geplanten Untersuchungen fortsetzen und wählte dazu besonders die Eier der *Ascidien* und *Knochenfische* sowie diejenigen eines *Nematoden*, der für dieses Studium von alters her so viel studierten und berühmten *Ascaris megalocephala*, obwohl es sich sehr schwer erwies, hinreichend gutes Material davon zu bekommen.

Ganz besonders fehlte mir das nötige Material zur Erforschung der früheren Stadien der Ausbildung der Ascariseier, weshalb ich diesmal davon abstehen musste. Erst nach dem Drucke der betreffenden Abteilung habe ich durch die freundliche Beihilfe des Herrn Dr. Otto Holmquist in Lund solches in gut fixiertem Zustande erhalten und hoffe im nächsten Bande dieser Serie meine hierauf bezüglichen Befunde mitteilen zu können.

Es waren hierbei hauptsächlich *zwei Fragen*, die ich zu erforschen wünschte.

Die *eine* bezog sich auf die *Veränderungen*, welche bei dem Befruchtungsprozess und der ersten Entwicklung *in dem Eikern* und dem *Spermiekern* sowohl in morphologischer als in chemisch-physikalischer Hinsicht vorsichgehen, wobei in der letzteren Beziehung die verschiedene Affinität zu den Farben des genannten Dreifarbengemisches vielleicht erläuternd sein konnte.

Die *andere* Frage galt einer fortgesetzten Untersuchung der *Struktur des Protoplasmas*, betreffs welcher ich schon im vorigen Jahre bei den Eiern der Echinodermen und anderer Tiere eine Reihe interessanter Gesichtspunkte erworben hatte.

Die Ergebnisse dieser beiden Untersuchungsserien sollen nun in diesem Bande veröffentlicht werden.

Um aber eine umfassendere Übersicht über die fraglichen Verhältnisse zu gewinnen, dehnte ich den Kreis der Objekte aus und studierte diese Verhältnisse bei den Eiern verschiedener anderer Tiere ebenso wie in anderen Organen und Geweben, vor allem in den *Zellen des Nervensystems.*

Ausserdem bin ich jetzt in der Lage, als Beitrag zu meinen in den vorigen Bänden dieser Serie veröffentlichten Beschreibungen von Spermien verschiedener Tierklassen, die Spermienformen einiger bisher fast gar nicht in dieser Hinsicht untersuchten Tiere zu schildern. Durch die Güte des Herrn Intendanten am K. Naturh. Reichsmuseum in Stockholm Professor Dr. Einar Lönnberg habe ich also *Spermien einer Reihe ostafrikanischer Tiere,* u. a. solche vom Elephas, Giraffa, Buffelus, Struthio u. s. w., welche er selbst während seiner zoologischen Expedition im Winter 1911 für meine Rechnung eingesammelt hatte, zur Untersuchung bekommen, für welche freundschaftliche Gabe ich ihn hier herzlich danke.

Ferner erhielt ich durch die liebenswürdige Vermittelung des Herrn Geheimrat Professor Dr. Waldeyer und die gütige Zusendung des Herrn Professor Dr. A. Brauer in Berlin das von ihnen aus Kamerun requirierte Material zur Untersuchung der *Spermien des Schimpansen,* wodurch es mir schliesslich gelungen ist, diese Spermien-

form zu erforschen und dadurch noch einen wesentlichen Beitrag zur Kenntnis der Spermienformen der anthropoiden Affen mitzuteilen. Ich benutze hier die Gelegenheit, den genannten Herren meinen innigen Dank auszusprechen.

Während des lange anhaltenden Druckes dieser Arbeit sind ein paar Abhandlungen erschienen, welche die in derselben behandelten Fragen etwas berühren, die aber in dem schon fertigen Texte der betreffenden Abteilungen nicht mehr berücksichtigt werden konnten. Dies gilt besonders der unlängst im Archiv für Zellforschung (6. Band, 4. Heft) veröffentlichten Abhandlung von Paul Buchner: »Die Reifung des Seesterneies bei experimenteller Parthenogenese»; in derselben wird zwar auch die Reifeteilung der Eier von Asterias (glacialis? Neapel) behandelt, aber von einem von dem meinigen verschiedenen Gesichtpunkt aus, und im übrigen die künstliche Parthenogenese der Eier mit besonderer Bezugnahme auf das Verhalten der Chromosomen und auf ihre Zahl untersucht.

In einer ebenfalls kürzlich erschienenen Arbeit über »Neue Beobachtungen auf dem Gebiete der Zelle» (Zeitschr. f. wiss. Zool. 98. Band, 3. H., 1911) habe ich soeben gefunden, dass Hch. Stauffacher sich von der Biondischen Färbungsmethode in ausgedehnter Weise bedient hat. Er hat mit derselben besonders die Kerne der Infusorien und die der Eier und Spermien von Anodonta untersucht. Es ist erfreulich, dass er von dieser Färbungsmethode ebenfalls gute Resultate bekommen und sie sehr gelobt hat.

Durch die Beihilfe der geschickten Präparatrice Fräulein Anna Edman ist es mir möglich geworden, bei den hier oben erwähnten Untersuchungen der Eier und anderer Organe der verschiedenen Tiere hinreichende Reihen vortrefflich mikrotomierter und gefärbter Präparate zu bekommen. Die schöne, künstlerische Wiedergabe der sämtlich von mir selbst, so sorgfältig wie ich es vermochte, nach den Präparaten gezeichneten und gemalten Abbildungen ist mit nie ermüdender Energie und Gewandtheit grösstenteils in photogr. Farbendruck von dem Herrn Justus Cederquist in der von ihm gegründeten chemigraphischen Anstalt in Stockholm ausgeführt. Ihnen, sowie dem Herrn Dr. Karl Auerbach, welcher die Korrekturbogen des Textes sorgfältig revidiert hat, und dem Faktor der Druckerei Herrn Emil Holmberg, der den Druck des Textes überwachte und besorgte, sage ich hier meinen besonderen Dank.

Stockholm den 28 November 1911.

GUSTAF RETZIUS.

INHALT.

1.

Einleitung

zu den zunächst folgenden Mitteilungen über das Verhalten des Chromatins in verschiedenen physiologischen Zuständen.

Die eigentliche Veranlassung zu der in den hier zunächst folgenden drei Abhandlungen hervortretenden Richtung in der Problemstellung und der Wahl der Untersuchungsmethoden ist von Anfang an besonders der Wunsch, dass ich versuchen wollte, eine Methode zu finden, welche es in irgend einer Weise ermöglichen konnte, bei der Befruchtung der Eier von Echinodermen und anderen Tieren eine spezifische Färbung der Chromosomen des Spermiums und des Eies hervorzurufen, um dadurch diese hochwichtigen Teile des Spermiumkerns und des Eikerns in den nach der Befruchtung eintretenden Stadien der Entwicklung verfolgen zu können.

Durch die Färbung der in Sublimat oder in Pikrinessigsäure oder in Carnoy'scher Flüssigkeit fixierten Eier von *Echinodermen* mit der Ehrlich-Biondi'schen Mischung hatte ich gefunden, dass die Chromosomen des in das Ei eingedrungenen Spermiumkopfes bis zum Zusammentreffen mit dem Eikern ihre intensiv *methylgrüne* Farbe behalten, wogegen die Chromosomen des Eikerns stark *rötlich* gefärbt erscheinen.

Als ich dann solche Eier aufsuchte, in denen der männliche und der weibliche Kern miteinander ganz verschmolzen waren, hatten sich *alle* Chromosomen dieser Eier *rot* gefärbt. Zu meinem Erstaunen liessen sich die kurz vorher leuchtend und intensiv blaugrün gefärbten Chromosomen des Spermiumkerns nicht mehr spezifisch erkennen. Ich versuchte deshalb, durch verschiedene Abänderungen der Biondi'schen Methode die hell blaugrüne Farbe dieser Chromosomen zu bewahren oder auch von neuem hervorzurufen. Aber vergebens.

Dagegen zeigte es sich, dass, nachdem der nunmehr als der ruhende Kern bezeichnete Eikern mit den durch und durch rot sich färbenden Chromosomen in das sich teilende Stadium übergeht, sämtliche Chromosomen sich wieder *methylgrün* färben lassen. Diese Färbung erhielt sich durch das ganze Spindelstadium und noch in dem Anfang des Tochterzellstadiums, um dann wieder der *roten* Farbe zu weichen.

Diese Ergebnisse setzten mich also in der Tat in Erstaunen, denn in den von mir studierten Arbeiten anderer Forscher über die Befruchtung und die erste Entwicklung des Eies hatte ich meines Wissens von derartigen Befunden nichts erfahren. Zwar hatte ich irgendwo gelesen, dass die Chromosomen der *Eier* im allgemeinen durch die Biondi'sche Methode nicht *grün*, sondern *rot* gefärbt werden, und dies schon in dem ovarialen Stadium. Als ich dies nun selbst genauer untersuchte, zeigte es sich, dass sich in der Tat im Keimbläschen der Eier in den Ovarien der Echinodermen *nichts grün* färbt, sondern nur rot; nur der grosse Nucleolus färbt sich nicht rot, sondern stark *dunkelblau* mit etwas *violettem* Anstrich.

Das sogenannte Lininnetz und besonders die an ihm befindlichen zahlreichen feinen als Chromosomkörnchen aufgefassten Gebilde werden immer rot oder violettrot.

Ich versuchte dann, mir ein anderes, für die Lösung dieses Problems, wenn möglich, noch mehr geeignetes Eimaterial zu verschaffen und wählte dazu die Eier von *Ascaris megalocephala,* das alte bekannte ideale Objekt für Chromosomenforschung.

Falls überhaupt möglich, durfte ich gerade bei diesen Eiern hoffen, meinen oben erwähnten ursprünglichen Wunsch, eine spezifische Färbung der so lange getrennt liegenden spärlichen und grossen männlichen und weiblichen Chromosomen zu erhalten, erfüllt zu sehen. Aber auch in diesen Eiern wurde diese Hoffnung nicht erfüllt. Die Biondi'sche Methode gab zwar sehr schöne und interessante Färbungen der Chromosomen, die Resultate stimmten aber in der Hauptsache mit den bei den Eiern der Echinodermen gewonnenen Befunden überein. Diese Befunde schienen mir aber schon an sich von so interessanter Beschaffenheit zu sein, dass ich neben einer eingehenderen Untersuchung über das betreffende Verhalten der Chromosomen der befruchteten Eier der Echinodermen, auch eine solche über dasjenige bei den Eiern von Ascaris vornahm. Und zugleich dehnte ich auch diese Untersuchung auf ein noch grösseres Gebiet aus, indem ich eine Anzahl von verschiedenen Geweben des Organismus mehrerer Tiere auf ihr Verhalten zu der Biondi'schen Färbungsmethode prüfte. Es sind nun die hierbei gemachten wesentlicheren Befunde, welche in den zunächst folgenden Abteilungen dieses Bandes dargelegt worden sind.

Durch diese Untersuchungen wurde ich immer mehr mit dem so äusserst schwierigen, aber so hochinteressanten Gebiet der Zellchemie in Berührung geführt. Da ich indessen leider von Anfang an kein Fachmann auf dem fraglichen Gebiete bin, so werde ich nicht mehr, als eben für mein Thema nötig ist, die eigentlich chemischen Fragen eingehender besprechen.

Es erscheint mir im ganzen recht merkwürdig, dass die Ehrlich-Biondi'sche Methode zur Erforschung der Morphologie und der Biologie der verschiedenen Zellarten nicht mehr benutzt worden ist, als dies in der Tat der Fall ist. Es liegen zwar besonders schöne und erfolgreiche Untersuchungen hierüber von Martin Heidenhain sowie auch einzelne Befunde von anderen Forschern auf speziellen Gebieten vor. Im übrigen waren mir wenigstens keine umfassenderen Arbeiten hierüber bekannt.

Schon die merkliche Sache, welche den Ausgangspunkt meiner eigenen betreffenden Studien bildete, dass die Chromosomen des Eikerns und des Spermiumkerns sich gegen die Biondi'sche Färbungsmethode so verschieden verhalten, war mir, wie erwähnt, nicht näher bekannt, und ich habe sie in den allermeisten Hand- und Lehrbüchern, sowie in der Fachliteratur nicht erwähnt gefunden. Ich erinnerte mich indessen, irgendwo eine hierauf bezügliche Notiz gesehen zu haben, die mir aber damals unklar erschien. Deshalb nahm ich mir eine eingehendere Nachforschung in der betreffenden Literatur vor. Und in der Tat fand ich die fragliche Angabe wieder. In der ersten Auflage der Enzyklopädie der mikroskopischen Technik von Ehrlich-Krause-Mosse-Rosin ist sie in dem Artikel Zellchemie (von Magnus) enthalten, und in der im J. 1910 herausgegebenen zweiten Auflage findet sie sich noch mit folgenden Worten dargestellt: »*Die Kerne der Ganglienzellen ebenso wie die der tierischen Eizelle . . . sind mit Methylgrün nicht zu färben*«. Man weist auch hier besonders auf zwei Arbeiten von Mosse hin. Infolgedessen suchte ich diese Arbeiten von Mosse auf.

In seiner ersten, ganz kurz abgefassten Mitteilung von J. 1902 äusserte Mosse:[1]) »Eine besondere Stellung unter allen Körperzellen nimmt die *Nervenzelle* einerseits, die Eizelle andererseits ein; a) bei beiden ist zwar ebenso wie bei den anderen Körperzellen das Kernkörperchen basophil geringeren Grades, dagegen ist das Chromatin *nicht basophil,* und zwar das Chromatin der Nervenzelle, soweit ich feststellen konnte, nach dem Ausfall der Eosin-Methylenblaufärbung neutrophil; b) das Protoplasma der Nervenzelle ist, wie bekannt, zum Theil basophil (Nissl'sche Schollen), zum Theil oxyphil (Zwischensubstanz); c) die Dotterelemente haben keinen einheitlichen Charakter; sie verändern sich mit der Zunahme der Reife.« Die betreffenden Untersuchungen *Mosse's* waren in dem Anatomisch-biologischen Institut von Oscar Hertwig ausgeführt worden.

In seiner zweiten, auch ganz kurzen (etwa 5 Seiten umfassenden und keine Abbildungen enthaltenden Mitteilung bespricht Mosse[2]) von neuem diese Fragen. »Um nun«, sagt er in derselben, »die Ergebnisse meiner eigenen, nach den verschiedenen erwähnten Methoden angestellten Färbungen zusammenzufassen, so kann gesagt werden, dass diese entsprechend der Verteilung des Basi- und Oxychromatins Heidenhains ausfielen. Dagegen hat sich nach einer anderen Richtung hin ein durchgreifender Unterschied herausgestellt. Die Kernkörperchen, die bisher — wie aus den obigen Ausführungen hervorgeht — als oxyphil bezeichnet werden, nehmen durchgehends die Farbe des *basischen* Farbstoffes auf, d. h. also, sie werden *blau* bei Anwendung des neutralen Methylenblaueosins, *rot* bei der Neutralrotfärbung und färben sich entsprechend bei den Unna'schen Tinktionen mit dem pol.

---

[1]) Max Mosse, *Ueber das färberische Verhalten der thierischen Zelle gegenüber Farbegemischen.* Berliner Klin. Wochenschrift (39. Jahrg., 1902, S. 1148).

[2]) Max Mosse, *Ergebnisse farbenanalytischer Untersuchungen der thierischen Zelle.* 1. Allgemeiner Teil. Beiträge zur wissensch. Medicin und Chemie. Festschrift zu Ehren d. 60. Geburtstages von E. Salkowski. Berlin 1904. Nr XXVI, S. 265.

Methylenblau und dem Safranin. Aus dieser Tatsache folgt, dass wir nicht alle Teile der Zelle, die bei der Färbung mit dem Ehrlich-Biondi'schen Gemisch das Methylgrün annehmen, schlechthin als *basophil* bezeichnen können. Als *absolut* entscheidend für die Frage, welche Substanzen als basophil, welche als oxy- oder neutrophil anzusehen sind, wird eben die Anwendung eines nicht Methylgrün enthaltenden neutralen Farbstoffes, wie des neutralen Methylenblaueosins, in Betracht kommen. Zu diesem Ergebnisse war ich bereits gelangt, als von Pappenheim (1902) darauf aufmerksam gemacht wurde, dass das Methylgrün die ganz spezifische Eigentümlichkeit habe, dass es aus allen sonstigen chromophilen Substraten bloss Nuklein chemisch tingiere. Allein das Kernnuklein sei stark genug, um diesen ganz besonders konstituierten Farbstoff zu dissoziieren und chemisch-färberisch aufzunehmen.»

Mosse geht dann auf die Frage ein, inwieweit die Art der Fixation Einfluss hat auf das Ergebnis der Färbung, welche in zwei Unterfragen zerfällt, einmal nämlich, inwieweit überhaupt die fixierte Zelle von der nicht fixierten abweicht, d. h. ob wir Schlüsse, die wir aus dem Verhalten der fixierten Zellen ziehen, einfach auf die nicht fixierte übertragen können, und zweitens, ob und inwiefern ein Unterschied in der Art der Fixation besteht. Der erste Einwand ist, sagt er, durch die Ergebnisse der vitalen Färbung zu widerlegen, und zwar durch diejenigen mit Neutralrot. »Ziehen wir», sagt er, »dann aber weiterhin in Betracht, dass derjenige Teil, der sich bei den angewandten differenzierenden Färbungen als basophil erweist, das Chromatin, als identisch mit der Nukleinsäure aufzufassen ist, dass also hier die rein chemische Betrachtuug zu demselben Ziele führt, wie die mikrochemische, so dürfte wohl auch der weitergehende Schluss gestattet sein, dass basophil überhaupt identisch mit sauer, azidophil identisch mit basisch ist.»

Was dann die Frage von dem Einfluss der Fixation auf die Ergebnisse farbenanalytischer Untersuchungen betrifft, äussert Mosse nach seinen Ergebnissen folgendes: Als das indifferenteste Härtungsmittel ist in dieser Beziehung der *absolute Alkohol* aufzufassen. In zweiter Reihe kommt das Sublimat in Betracht (wenn man von dem Gefrierverfahren und der Ausfällung durch Hitze absieht). Ferner hatte es sich ihm erwiesen, dass das Carnoy'sche Gemisch das Ergebnis der Untersuchung nicht beeinflusst. Dagegen betrachtet er die Zenker'sche Flüssigkeit und das Formalin wegen der starken Säuerung der Gewebe als absolut ungeeignet. Ebenso sind Gemische mit Osmium nicht zu benutzen, und gechromtes Material liefert nicht immer eindeutige Ergebnisse. Mosse verspricht eine eingehendere Darstellung, die aber meines Wissens nicht erschienen ist.

In seinem neuen ausgezeichneten umfassenden Werke »*Plasma und Zelle*» hat Martin Heidenhain[1]) die Frage von der Kernfärbungstechnik und dem Begriff des Chromatins näher besprochen, um dann die Chemie des Kerns im allgemeinen von dem jetzigen Standpunkt unserer Kenntnis davon zu berühren. Nachdem er betont hat, dass die Chromatine natürlich in der lebenden Substanz nicht als solche enthalten sind, sondern vielmehr Zersetzungsprodukte der lebenden Masse darstellen, welche bei Gelegenheit der Fixierung zur Ausfällung kommen, erinnert er daran, dass man, wie er nachgewiesen hat, zweierlei typisch verschiedene Chromatine im Kern zu unterscheiden hat. »Die technischen Bedingungen der Kernfärbung sind nun im allgemeinen darin gegeben, *dass alle Eiweisskörper gewissermassen nach zwei Seiten hin reagieren, da sie nämlich sauerbasischer Natur sind,* d. h. sowohl Farbbasen wie Farbsäuren aufzunehmen vermögen, wobei sich indessen zeigt, dass bestimmte Eiweisskörper *vorzugsweise nach der einen, andere Eiweisskörper nach der anderen Seite hin* zu reagieren befähigt sind. Dies tritt gerade beim Kern sehr deutlich hervor, da die als Chromatine bezeichneten Substanzmassen, welche in der Kernstruktur ihren Sitz haben, teils stärker sauer sind und die basischen Farben bevorzugen *(Basichromatin)*, teils stärker basisch sich verhalten und die sauren Farbstoffe begieriger aufnehmen *(Oxychromatin)*. Mithin kommt es beim Färben des Kernes auf eine qualitative Scheidung des Stoffgemenges an, welche zunächst allerdings nur histologisch-differenzieller Natur ist, während chemische Trennungen sicherer Art durch die färberische Reaktion allein zur Zeit nicht möglich sind. Der Begriff der Chromatine ist also allerdings in erster Linie *morphologischer* Natur (ähnlich auch A. Fischer und E. Zacharias), denn wir gehen zunächst immer darauf aus, durch die färberische Reaktion morphologische Gestaltungen nachzuweisen. Die Chromatine sind daher für uns nicht gestaltlos, vielmehr stellen wir sie uns immer in bestimmten Formen vor. In chemischer Beziehung mögen sie Stoffe sein, welche in verschiedenen Fällen, je nach der Art der Vorbehandlung des Gewebes, von verschiedener Beschaffenheit sind. Trotzdem suchen wir bei allen möglichen Objekten möglichst übereinstimmende und möglichst reine Farbenreaktionen zu gewinnen und gehen sogar auf färberische Trennung verschiedener Chromatine aus, weil diese

[1]) Martin Heidenhain, *Plasma und Zelle*, erste Abteilung, erste Lieferung, 1907. Handbuch der Anatomie des Menschen, herausg. von Prof. Dr. Karl von Bardeleben, Band VIII, 1.

morphologisch im Kern sich in verschiedenartiger Weise lokalisieren. *Die Möglichkeit einer solchen Trennung beruht nun allerdings auf chemischen Eigenschaften der Masse, aber nur auf solchen allgemeiner Natur,* auf einer überwiegenden Säuren- und Basenkapazität; benutzt man diesen Umstand zur Herstellung differenter Färbungen (Biondi'sche Lösung), so mag dies in gewissem Sinne ein Anfang der mikrochemischen Analyse durch Farbenreaktion sein, indessen ist es eben auch *nur* ein solcher.»

Nachdem Heidenhain dann eine kurze Übersicht über den jetzigen Standpunkt der Mikrochemie des Kerns gegeben und dabei die Differenz der phosphorhaltigen Eiweisskörper desselben, der *Nucleoproteide* und der *Nucleoalbumine,* von denen die ersteren den Komplex der Nukleinsäure, die letzteren ihn nicht enthalten, führt er nach Kossel und Lilienfeld das Schema von dem Zerfall der Nukleoproteide an. Nach diesem Schema kommen in den Kernen nur die Nukleoproteide als natürliche Produkte des Lebens vor, während die Nukleine und Nukleinsäuren auf künstlichem Wege erhaltene Spaltungsprodukte sind, ferner erweist sich, dass alle Nucleoproteide in letzter Linie Verbindungen von Eiweiss und Nukleinsäure sind, sowie auch dass die Aufspaltung der Nukleoproteide gewöhnlich stufenweise erfolgt, so dass gewisse Zwischenprodukte, die Nukleine, erhalten werden.

In einem besonderen Abschnitt bespricht dann Heidenhain die »feinere Mikrochemie des Kerns». »Die ersten Versuche, die spezielle Chromatophilie des Kernes mit chemischen Verhältnissen in Einklang zu setzen, gingen von Kossel und seiner Schule aus. Lilienfeld (1893) kam zu folgenden Resultaten. Aus einer Methylgrün-Fuchsinmischung nimmt Eiweiss das Fuchsin, Nukleinsäure das Methylgrün mit intensivem Farbentone auf. Da nun die Nukleinsäure in den Kernen im allgemeinen nur in Verbindung mit Eiweiss vorkommt, so ist es notwendig, die makrochemisch dargestellten Nukleoproteide und ihre Spaltungsprodukte auf ihre Färbbarkeit zu prüfen; wir erhalten alsdann folgende Skala:

Nukleohiston färbt sich deutlich grünblau, mit Vorherrschung des *blauen* Tones, *Nuklein* färbt sich *blaugrün, Nukleinsäure* intensiv *grün.*

Daher folgert Lilienfeld: 'Alle Kernsubstanzen, von den eiweissreichsten bis zu den eiweissärmsten und eiweissfreien, färben sich im Tone des Kernfarbstoffes.' Nur wird der Ton durch das daransitzende Eiweiss in der Richtung nach Blau modifiziert.»

Leider sind die betreffenden Versuche der Chemiker für die Histologen nicht vollständig brauchbar. Indessen mögen die Lilienfeld'schen Färbungsresultate an Nukleinsäure, Nuklein, Nukleohiston eine Bedeutung haben für solche histologische Färbungen, bei denen die Ansäuerung unterlassen wurde. Malfatti fällte Eiweiss mit Nukleinsäure und erhielt daraus die seit Altmann bekannten nukleinartigen Körper, welche, je nachdem, von verschiedenem Eiweissgehalte waren. Eine alkoholische Lösung von Säurefuchsin und Methylgrün färbte nun reine Nukleinsäure rein grün, phosphorärmere Nukleine bläulichviolett, bei grosser Phosphorarmut selbst rein rot. »Dieses Resultat», betont Heidenhain, »ist sehr bemerkenswert, weil daraus hervorzugehen scheint, dass Nukleoproteide von hohem Eiweissgehalt, wenn wir sie im Kern selbst mit Ehrlich'schen Gemischen färben, unter Umständen eine rein rote Färbung annehmen werden. Daraufhin habe ich mich», bemerkt Heidenhain, »1894 geäussert, wie folgt: '— — — so hätten wir demnach in dem Basichromatin oder dem Chromatin der Autoren phosphorreiche, in dem Oxychromatin . . . phosphorarme Nukleine vor uns. Danach sind ferner die Basi- und Oxychromatine durchaus nicht als für die Dauer unveränderliche Körper aufzufassen, sondern durch Aufnahme und Abgabe von Phosphor (Nukleinsäure, saure Gruppen) könnte eventuell auch die Färbbarkeit sich ändern. Meine heutige Meinung geht also dahin, dass die Affinitäten der chromatophilen Mikrosomen der Kerngerüste gegenüber den basischen und sauren Anilinfarbstoffen sich nach gewissen physiologischen Zuständen des Kernes oder der Zelle regulieren, inbetreff deren wir bisher eine genauere Einsicht noch nicht haben'.»

»Am auffallendsten jedoch», fügt nun Heidenhain hinzu, »ist das Verhalten des Oxychromatins zur Mitose. Das völlige Schwinden desselben während der Prophasen und der Wiederaufbau dieses Körpers in den Tochterkernen bezeugt unserer Ansicht nach, dass die Oxychromiolen unter dem Einfluss der lebhaften Assimilation und Substanzvermehrung in den frisch gebildeten Tochterkernen entstehen. Ueber diese Vorgänge kann man sich eine nähere Vorstellung zur Zeit noch nicht bilden. Da aber in den wachsenden Kernen um diese Zeit eine Anreicherung an P-haltigen Gruppen wirklich vor sich geht, da ferner das Plasma des Zellleibes P-arm ist, so kann man schliessen, *dass der P gleichsam auf vielem Eiweiss sitzend, in den Kern seinen Einzug hält* und dass im Kern infolge einer aufsteigenden Synthese alsdann P-reichere Gruppen erzeugt werden, welche in das Basichromatin übergehen. Demnach wäre der Gedanke naheliegend, dass die eiweissreichen Oxychromiolen in erster Linie

vegetative Funktion erfüllen, P-reichere Gruppen durch Synthese zu erzeugen und *abzuspalten*, welche dann von den Basichromiolen assimiliert werden.»

»Eine andere belangreiche Beziehung der beiden Chromatine zur Biologie der Zellen scheint mir in dem Umstand enthalten zu sein, *dass Kerne, welche der Regel nach nicht mehr in Mitose eintreten, häufig arm an Basichromatin, reich an Oxychromatin sind.* Diese meine Wahrnehmung ist oftmals bestätigt worden. Sie betrifft in erster Linie die Kerne der Nervenzellen.»

Ich habe hier diese Heidenhain's Äusserungen in seinem neuen Werke eingehender angeführt, weil dieselben eben von histologisch-biologischem Standpunkte aus eine zusammenfassende Übersicht unserer Kenntnis der für die vorliegende Frage in mikrochemischer Beleuchtung geben und in den hier unten folgenden Darstellungen auf sie hingewiesen wird. Gerade die zuletzt angeführten wichtigen Befunde hinsichtlich des Verhaltens des Chromatins unter verschiedenen physiologischen Zuständen und Phasen des Kerns, und zwar vor allem während des Teilungsprozesses der Zellen, sind in der letzten Zeit ein Gegenstand meiner eigenen Untersuchungen gewesen. Als ich dieselben ausführte, hatte ich noch keine nähere Kenntnis von diesen Angaben Heidenhain's.[1])

Der Ausgangspunkt meiner eigenen betreffenden Studien war, wie oben erwähnt, der Befund bei der Befruchtung der Eier der Echiniden, dass die Chromosomen des angeschwollenen Spermienkopfes beim Zusammentreffen mit dem Eikern noch ihre durch Biondigemisch grün gewordene Farbe behalten, während das Chromatin des Eikerns rot erscheint, sowie dass nach dem Verschmelzen der beiden Kerne das sämtliche Chromatin sich rot zeigt, wogegen später in dem Spindelstadium alle Chromosomen intensiv grün erscheinen. Um diese Phänomene näher zu eruieren, planierte ich eine Reihe von Untersuchungen, nämlich:

1. Eine systematische Verfolgung der betreffenden Chromatinfärbung in den Eiern der Echinodermen, vor allem des Parechinus miliaris, und zwar von dem Stadium der jungen Ovarialeier zum Stadium der Reife und durch den Befruchtungsprozess bis zum Larvenstadium.

2. Weil das *Stadium der Bildung der Richtungskörper* bei den Echinodermen sich bei den Echiniden nur schwer verfolgen lässt, wünschte ich, dasselbe bei einem Seestern zu ermitteln, wo dies bekanntlich viel leichter ist, indem man es in seiner Hand hat, den Prozess hervorzurufen. Ich wählte hierzu die Eier von *Asterias rubens* L.

3. Die Untersuchung der Chromatinfärbung in *parthenogenetisch* sich entwickelnden Eiern, und zwar auch bei Echinodermen.

4. Die systematische Verfolgung der betreffenden Chromatinfärbung in den verschiedenen Stadien der Eier eines anderen Repräsentanten der Tierreihe. Hierzu wählte ich in erster Linie die Eier von *Ascaris megalocephala*, deren Entwicklung für eine solche Untersuchung besondere Vorteile darbietet.

5. Die Verfolgung der betreffenden Chromatinfärbung in *anderen Zellarten*, und zwar in solchen *verschiedener Organe*, sowohl im Ruhestadium als während der Mitose, beim Embryo und im erwachsenen Zustande, bei Vertretern verschiedener Tierklassen.

Zum *Fixieren* der Eier und Gewebe benutzte ich folgende Lösungen und Methoden: das Carnoy'sche Gemisch, das Zenker'sche Gemisch, Pikrinsäure-Essigsäure in verschiedener Stärke, Alkohol, das Flemming'sche und das Hermann'sche Gemisch, Sublimatlösungen und Sublimat-Essigsäure in wechselnder Stärke. Von Färbungsmethoden wurden am meisten die Heidenhain'sche *Eisenalaun-Hämatoxylin*methode und die Ehrlich-Biondi'sche Methode angewandt. Die letztgenannte Färbung liefert, sobald man erst mit ihren Eigenschaften gut vertraut wird, ausgezeichnet schöne und relativ konstante Resultate für das Studium des Chromatins. Zwar ist, wie vor allem Mosse betont hat, die Beschaffenheit der voraus angewandten Fixierung von besonderem Einfluss auf die Ergebnisse. Wie er, fand auch ich das Carnoy'sche Gemisch und den Alkohol hierfür am geeignetsten. Aber auch Sublimatlösungen gaben mir gute Resultate; unter diesen, im Gegensatz zu Mosse's Angabe, das Zenker'sche Gemisch.

[1]) Zwar hatte ich das betreffende Werk, das ich durch die Güte des Verfassers erhalten hatte, schon vor einigen Jahren gleich nach seinem Erscheinen, mit grossem Interesse gelesen. Die kurzgefasste Besprechung vom verschiedenartigen Verhalten des Chromatins zur Mitose (Plasma und Zelle, I. 1, S. 163) hatte damals meine Aufmerksamkeit nicht gefesselt, weil ich mit diesem Gegenstand nicht näher vertraut war und sie, aufrichtig gesagt, infolgedessen nicht genau aufgefasst hatte. Als ich aber nach der Ausführung meiner Untersuchungen die betreffende Literatur eingehender studierte, stiess ich auf diese Bemerkungen Heidenhain's, welche mir nun verständlich wurden. Ich konnte jetzt ahnen, dass er selbst das Verhalten des Chromatins zur Mitose mittelst der geeigneten Färbungsmethoden genauer untersucht hatte, und ich suchte in seinen Arbeiten nach eingehenderen Angaben darüber. Da es mir nicht gelang, solche zu finden, schrieb ich schlisslich an den Verfasser hierüber und erhielt von ihm die Antwort, dass er schon vor längerer Zeit derartige Untersuchungen ausgeführt hat. Er konnte dieselben aber wegen anderer Beschäftigung nicht sogleich zum Abschluss und Druck bringen; als er später die Präparate durchmusterte, waren sie so erbleicht, dass er sie nicht mehr benutzen konnte, was sehr zu bedauern ist. Ich finde es richtig, dies hier zu erwähnen, um die betreffende Darstellung des hochverdienten Histologen hervorzuheben und meine eigene Stellung zu derselben zu beleuchten. An welchen Objekten und Geweben Heidenhain diese seine betreffenden Untersuchungen ausgeführt hatte, ist mir nicht näher bekannt. Es scheint aber an Zellen und Geweben von Urodeten zu sein.

Sobald es möglich war, färbte ich zur Kontrolle die betreffenden Gewebsteile auch in frischem, unfixiertem Zustande mit der Biondilösung. Für die richtige Beurteilung der Ergebnisse sind, wie Mosse und andere Autoren hervorheben, in erster Linie die Fixationslösungen ohne Säuren (Essigsäure etc.) die geeignetsten. So oft es möglich ist, benutzt man deshalb mit Vorteil den reinen Alkohol, ohne anderen Zusatz. Eine kurze Nachbehandlung der mikrotomierten Schnitte des fixierten Materiales mit einer sehr schwachen Essigsäurelösung (1 T. auf 500 T. Wasser) scheint, wie M. Heidenhain empfiehlt, für die Dauerhaftigkeit der Präparate nützlich zu sein; für die Färbung derselben ist diese Nachbehandlung aber im allgemeinen nicht nötig. Bei der Überführung der betreffenden Präparate aus dem Biondigemisch in Xylol und Harz muss man dieselben sehr schnell durch den Alkohol führen; sonst wird von den Farben zuviel ausgezogen. Das von mir mit dem grössten Vorteil benutzte Biondigemisch hatte folgende Zusammensetzung: Von den gesättigten Rubin-, Orange- und Methylgrün-Wasserlösungen wurden resp. 4, 7 und 8 K.-cm. genau gemischt. Von dieser Stammlösung wurde eine zum Färben benutzte Mischung von 1 Teil auf 50 Teile Wasser gemacht. Ich versuchte auch verschiedene andere Zusammensetzungen des Gemisches, kam aber immer zu dieser hier genannten zurück, weil sie mir die besten Färbungen lieferte. Von der Orangefarbe hat man zwar bei den betreffenden Versuchen wenig Nutzen; sie schädigt indessen nicht die Resultate.

Nach dieser kurzen Einleitung gehe ich zu der eigentlichen Darstellung der Befunde über und benutze in den hier folgenden Kapiteln dieselbe Ordnung, wie in den hier oben angegebenen Momenten.

2.

DER REIFUNGSPROZESS DER EIER BEI DEN ASTERIDEN.

Taf. I—V.

Bekanntlich sind die Eier von Asterias rubens und glacialis schon seit lange ein geliebter Gegenstand für das Studium der Eireifung gewesen. Gerade bei den Eiern der Asteriden hat vor allem OSCAR HERTWIG seine grundlegenden Untersuchungen über den Prozess der Ausbildung der Richtungskörper und im ganzen über die Umwandlung des Keimbläschens der Ovarialeier in den Eikern ausgeführt. In derselben Epoche haben auch E. VAN BENEDEN, GREEFF und FOL ihre Studien über diesen Prozess, und zwar grösstenteils an frischen, lebenden Eiern, gemacht. Da die betreffenden Arbeiten dieser vier Forscher wohl allgemein bekannt sind, will ich mich darauf beschränken, hier nur die wesentlichsten Errungenschaften derselben anzuführen. Dies ist aber deshalb nötig, weil die Geschichte dieser Fragen und die Entwicklung unserer Kenntnis auf diesem Gebiete ziemlich verwickelt ist.

VAN BENEDEN's[1]) und GREEFF's[2]) Mitteilungen erschienen ungefähr gleichzeitig im Anfang des Jahres 1876. Beide Forscher hatten, unabhängig voneinander, gefunden, dass die Eier von Asterias (Asteracanthion) rubens, welche in den Ovarien mit dem verhältnismässig sehr grossen Keimbläschen versehen sind, wenn sie in das Seewasser ausgegossen werden, ihr Keimbläschen nicht mehr darbieten.

Nach VAN BENEDEN's Auffassung wird auch der Keimfleck, nachdem er eine Reihe von Veränderungen erlitten hat, zuletzt aufgelöst. Die in ihm befindlichen Vakuolen vereinigen sich zu einer grösseren, in der Mitte liegenden. Er wird höckerig und zerfällt in zahlreiche Stückchen, die sich im Keimbläschen zerstreuen. Dann zerreisst die Hülle desselben und wird allmählich ganz aufgelöst. Schliesslich gibt das Ei die beiden Polar- oder Richtungskörper ab. Vor allem ist hier hervorzuheben, dass VAN BENEDEN zwischen dem Keimbläschen und dem Eikern keinen genetischen Zusammenhang fand.

In seiner ersten Mitteilung[3]) äusserte GREEFF über die fragliche Erscheinung folgendes: »Nach der Befruchtung des Eies schrumpft das Keimbläschen und schwindet, während der *Keimfleck persistirt.* Dieselbe Erscheinung tritt aber auch *ohne Befruchtung ein, wenn das reife Ei eine Zeitlang in reinem Seewasser gelegen hat.* Der Keimfleck, wenigstens ein ihm ähnliches Gebilde (Eikern O. Hertwig's) *wandert* in dem befruchteten Ei *amöbenartig durch den Dotter...* Dann beginnt die erste Teilung des Dotters und Keimflecks«. Hieraus geht hervor, dass GREEFF den Eikern HERTWIG's mit dem Keimfleck identifizierte.

In einer bald nachher veröffentlichten Mitteilung[4]) schloss sich GREEFF der Auffassung VAN BENEDEN's hinsichtlich des Verschwindens des Keimflecks an. GREEFF meinte aber, es sei möglich, dass derselbe noch persistiert,

---

[1]) ED. VAN BENEDEN, *Contributions à l'histoire de la vésicule germinative et du premier noyau embryonaire.* Bull. de l'Acad. royale de Belgique, 2. Sér., T. LXI, Nr 1, 1876.

[2]) R. GREEFF, *Ueber die Entwicklung des Asteracanthion rubens vom Ei bis zur Bipinnaria und Brachiolaria.* Sitz. Ber. d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturwiss. zu Marburg. Jahrg. 1876, Nr 1, 3.

[3]) R. GREEFF, *Ueber den Bau und die Entwickelung der Echinodermen.* 5. Mitteilung, 2. *Ueber das Verschwinden des Keimbläschens und Keimflecks im Ei des Asteracanthion rubens.* Ebenda, Nr 5, Mai 1876.

[4]) R. GREEFF, *Ueber den Bau und die Entwickelung der Echinodermen.* 6. Mitteilung. Entwickelung von Asterias (Asteracanthion rubens). 1. Umbildung des Keimflecks. 2. Keimbläschen, Richtungskörperchen. Ebenda, 1878.

obwohl er so undeutlich wird, dass man ihn nicht bemerkt. In einer dritten Mitteilung, welche ich hier im Zusammenhang mit den beiden vorigen anführe, obwohl sie ungefähr gleichzeitig mit Oscar Hertwig's Abhandlung erschienen zu sein scheint, beschreibt er den Prozess folgendermassen: Schon nach Ablauf von 5—10 Minuten im Seewasser beginnt in der Regel die von E. Van Beneden und ihm selbst geschilderte Umbildung des Keimflecks. Dieser wird granulös. Danach fängt das Keimbläschen an zu schrumpfen und wird durch den Dotter nach der Eiperipherie geführt. Nun wird das erste Richtungskörperchen über die Eioberfläche hervorgestossen, sowie in gleicher Weise auch das zweite Körperchen. Aber noch jetzt erkennt man im Dotter den unregelmässigen kleineren hellen Hof, den Rest des Keimbläschens, und einige zarte Körperchen, die er einigemal mit Sicherheit als dem Keimfleck entstammend verfolgt hatte. Hier sah er dann einige kernartige Körper sich bilden, welche sich miteinander vereinigen und, wie es scheint, von Greeff als dem Eikern O. Hertwig's entsprechend betrachtet worden sind.

Oscar Hertwig, welcher sich schon in der zweiten Abhandlung[1]) seiner berühmten Serie über die Eientwikkelung gegen die Deutungen Van Beneden's erklärt und, gestützt auf seine Befunde bei Nephelis, ausgesprochen hatte, dass bei Asterias der Zerfall des Keimflecks in Körnchen und sein späteres Verschwinden nicht ein Zeichen der Kernauflösung sei, sondern, wie bei Nephelis, mit der Umwandlung in eine Spindel im Zusammenhang stehe, unterwarf im Herbste 1876 das fragliche Verhalten bei den Seesternen einer genaueren Untersuchung. Über seine Befunde gab er Ende Februar 1877 einen vorläufigen Bericht[2]). Fast gleichzeitig (Januar 1877) hat Fol dasselbe Objekt bearbeitet und in Comptes rendus[3]) darüber vorläufig berichtet. Im Jahre 1878 erschienen Hertwig's[4]) und im J. 1879 Fol's[5]) ausführlichere Arbeiten über diesen Gegenstand.

In dem Abschnitt über seine an Seesternen meistens im frischen Zustande angestellten Beobachtungen teilte Hertwig also eingehender seine Befunde hinsichtlich der »*Reifeerscheinungen am Ei der Seesterne* mit[4]). Die aus dem Ovarium in das Meerwasser ausgeschüttelten Eier zeigen meist innerhalb einer Stunde den völligen Schwund des Keimbläschens. Zuerst sendet das dasselbe umgebende Protoplasma an dem der Oberfläche des Eies zugewandten Pole einen in das Innere des Bläschens eindringenden Höcker. Nach 15—20 Minuten (nach der Entleerung der Eier aus dem Ovarium) beginnt auch der Nucleolus sich zu verändern. In demselben, in welchem Hertwig im frischen ovarialen Zustande zwei verschiedene Substanzen, eine stärker lichtbrechende sowie in Osmiumsäure und in Beale'schem Karmin sich dunkler färbende und eine grössere blassere, unterschied, und in dem er ausserdem zahlreiche kleine Vakuolen sah, verschwinden diese letzteren, und der Keimfleck wird fast völlig homogen. Es entsteht aber bald im Zentrum eine grosse Vakuole, welche von einem soliden runden Körper fast ausgefüllt wird. Nach etwa 30 Min. (nach der Ablage der Eier) verschwindet wieder die Vakuole mit ihrem kugligen Körper. Der Keimfleck verkleinert sich, und die Oberfläche wird geschrumpft. In dem erwähnten Protoplasmahöcker erscheint eine kleine Strahlenfigur und bald darauf neben ihr eine zweite, also ein Doppelstern. Das Keimbläschen beginnt rascher zu schrumpfen, indem wahrscheinlich sein flüssiger Inhalt in das Protoplasma des Eies diffundiert. Die Kernmembran wird an verschiedenen Stellen eingefaltet. Der Keimfleck wird immer kleiner. Die Strahlenzentra vergrössern sich mit Verlängerung der Strahlen, und sie verbinden sich durch ein bandförmiges Stück; sie rücken bis an die Eioberfläche empor und stellen sich mit ihrer Längsachse in der Richtung eines Eiradius. Durch Behandlung mit Osmium- und Essigsäure gewinnt man einen tieferen Einblick. Der in der Vakuole des Keimflecks befindliche Kernteil verlängert sich in eine kleine Spitze und nimmt hierdurch eine birnförmige Gestalt an und wandelt sich dann in ein langes, dünnes Stäbchen um, welches perlschnurartige Anschwellungen trägt; das Stäbchen ragt aus dem Keimfleck in den Protoplasmahöcker hinein und bildet den Mittelpunkt der erwähnten Strahlenfigur. Die andere Substanz des Keimflecks erhält eine unregelmässig höckerige Oberfläche; diese Veränderungen des Keimflecks vollziehen sich etwa im Zeitraum von 10 Minuten und führen dann zur Schrumpfung des Keimflecks. An dem freien Ende des Stäbchens treten einzelne Körnchen auf und ordnen sich kreisförmig an; sie bestehen aus Kernsubstanz und haben sich offenbar vom Stäbchen selbst abgelöst; dieses schwindet durch Fortschreiten des Ablösungsprozesses vollständig; der andere Teil liegt im Keimbläschen. Nach der Bildung der Spindel folgt eine kleine Ruhepause. Nach

[1]) Oscar Hertwig, *Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies.* Zweiter Theil. Morphologisches Jahrbuch. Bd. III, 1877, S. 1.

[2]) Oscar Hertwig, *Weitere Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies.* Ebenda, Bd. III. Dat. v. Ende Februar 1877, S. 271.

[3]) H. Fol, *Sur le premier développement d'une étoile de mer.* Comptes rendus d. s. de l'Acad. d. së., 19 Febr., 1877.

[4]) Oscar Hertwig, *Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies.* Dritter Theil. Morphologisches Jahrbuch, S. 128. Bd. IV, 1878.

[5]) H. Fol, *Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux.* Mém. d. l. Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Tome 26, 1879.

2—2 1/2 Stunden nach der Eiablage beginnt die Hervorknospung der Richtungskörper, indem sich ein Protoplasmahügel mit der peripheren Hälfte der Strahlenfigur hervorwölbt und sich an seiner Basis vom Ei abschnürt; hierbei entstehen an der Eioberfläche konvergierende Furchen. Die andere Hälfte der Strahlenfigur wandelt sich in einer viertel Stunde zu einer Doppelstrahlung um. Dann bildet sich in gleicher Weise, wie der erste, auch der zweite Richtungskörper, und wieder bleibt von der Strahlung die zentrale Hälfte in der Dotterrinde zurück. Eine viertel Stunde nach der Abschnürung des zweiten Körpers, 3 Stunden nach der Ablage, hat sich die Strahlung vergrössert und von der Oberfläche etwas entfernt; nun bemerkt man in der homogenen Substanz eine Anzahl kleiner Vakuolen, die sich vergrössern und in ihrer Mitte je ein aus Kernsubstanz bestehendes Korn enthalten; nach kurzer Zeit verschmelzen sie miteinander, so dass sie nach 3 1/2 Stunden nur eine grössere Vakuole mit mehreren kernfleckartigen Körnern bilden und von nun an den Eikern darstellen; die umgebende Protoplasmastrahlung wird undeutlicher, und der Eikern zieht dem Eizentrum näher. Hiermit sind die zur Eireife führenden Vorgänge abgeschlossen, und das Ei verharrt in diesem Zustand lange Zeit, wenn es nicht befruchtet wird.

In seiner vorläufigen Mitteilung vom J. 1877 und später eingehender in der ausführlicheren Arbeit vom J. 1879 beschrieb Fol[1]) die an den frischen Eiern von Asterias glacialis beobachteten Veränderungen, welche eintreten, sobald die Eier in das Meerwasser ausgegossen werden. Das Keimbläschen nähert sich der Eioberfläche, seine Membran wird gefaltet und undeutlich begrenzt; der Keimfleck wird bleich, unregelmässig, undeutlich und zerfällt in Körnchen. Eine Strahlung (Aster Fol's) und dann eine Doppelstrahlung (Amphiaster Fol's) entstehen, in welcher Körnchen sichtbar sind, welche von dem Keimfleck oder der Kernmembran herrühren können. Dann schiesst ein Hügel (corps de rebut) hervor, welcher die halbe Spindel enthält und sich vom Ei abschnürt. Die im Ei zurückgebliebene halbe Strahlung wird wieder zu einem Amphiaster, wonach eine neue Abschnürung, ein neuer globule polaire, entsteht. Von der im Ei zurückgebliebenen zweiten Hälfte der Strahlung wird ein kleiner Kern gebildet, indem die Körperchen zusammenfliessen, wonach der Kern nach dem Inneren des Eies wandert. Vier Stunden dauert ungefähr dieser ganze Prozess.

Erst im Jahre 1902 wurde dann das hochinteressante Thema der Eireifung an den Eiern der Asteriden von neuem, und zwar mittelst der neuen histologischen Technik, der Gegenstand einer eingehenden Untersuchung. Max Hartmann[2]), ein Schüler Richard Hertwig's, widmete nämlich dieser Frage umfassende Studien. In seiner Mitteilung hierüber betonte er, dass es zu verwundern ist, »dass dieses günstige Object seit den Untersuchungen von O. Hertwig und Fol, also seit 25 Jahren, nicht mehr genauer studirt worden ist». Im ganzen konnte er die von Oscar Hertwig gewonnenen Ergebnisse bestätigen und nur in einigen speziellen Sachen weiter führen. Nachdem er die Hauptzüge des Baues des Ovarialeies und vor allem des Keimflecks geschildert hat, gibt er folgende Deutung seiner Befunde: Der grosse Abschnitt des Hauptnucleolus und ebenso die Nebennukleolen bestehen aus der Substanz der echten Nukleolen, dem Plastin (O. Hertwig's Paranuclein); diese Substanz hat eine eigene Struktur von vermutlich wabiger Beschaffenheit; in dem kleineren Abschnitt des Hauptnucleolus hat man wahrscheinlich eine sehr engmaschige Modifikation des Plastins zu erblicken; dieser Teil ist aber noch, wie die Tinktionen beweisen, sehr reichlich mit Chromatin erfüllt, während diese Substanz in dem grossen Abschnitt nicht, oder nur in sehr geringen Spuren vorkommt; die Nebennukleolen bestehen vermutlich aus wabigem Plastin mit fast keinem Chromatin. Bei dem normalen Ovarialei ist alles Plastin und Chromatin im Nucleolus vereinigt. Werden nun die Eier länger im Ovar zurückbehalten, so tritt der grössere Teil des Chromatins mit einer Plastinunterlage aus dem Keimfleck heraus und zerstreut sich im Kern. Hartmann schildert dann genauer die Erscheinungen an den Eiern, nachdem dieselben in Meerwasser gebracht worden sind: das Heranrücken des Keimbläschens nach der Oberfläche des Eies hin, die dortige Einstülpung, Runzelung und Auflösung der Kernmembran, das Hervorrücken und Unregelmässigwerden des Keimflecks, sowie die Veränderungen in seinem Inneren, das Auftreten des Zentrosoms mit der Strahlung, die Abgabe von Körperchen aus dem Keimfleck an die Strahlung, die Verdoppelung der letzteren und die Spindelbildung sowie schliesslich das Zurücktreten des Keimflecks.

Weil die Darstellung Hartmann's in einigen Einzelheiten von derjenigen Oscar Hertwig's abweicht, werde ich in der hier unten folgenden Beschreibung meiner eigenen Befunde mehrmals auf sie zurückkommen.

Es ist lange mein Wunsch gewesen, den wundervollen Prozess der Eireifung bei den Echinodermen ein-

[1]) Hermann Fol, *Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux.* Mém. de la Soc. de physique et d'hist. naturelle de Genève. Tome 26, 1879.

[2]) Max Hartmann, *Studien am thierischen Ei, I. Ovarialei und Eireifung von Asterias glacialis.* Zoologische Jahrbücher. Abth. f. Anat. und Ontogenie der Thiere. 15 Band, 1902.

gehender mittelst der neueren Technik studieren zu können. Und weil es bei den Echiniden nicht gelang, hinreichend lückenloses Material hierzu zu bekommen, wandte ich mich auch zu den Asteriden, dem klassischen Material für das Studium dieses Prozesses. Als ich Ende April dieses Jahres in der schwedischen zoologischen Station bei Kristineberg am Gullmarfjorden auf unserer Westküste diese Untersuchung vornahm, war mir die Abhandlung Hartmann's noch nicht bekannt; erst später wurde dieselbe von mir bemerkt.

Dies war aber auch der Fall hinsichtlich einer Arbeit von J. Schaxel[1]), welche im Anfang dieses Jahres erschien, und in welcher der Verfasser das Zusammenwirken der Zellbestandteile in den Eiern der Echinodermen behandelt hat. In derselben wird an mehreren Stellen auch die Frage von der Herkunft der Chromosomen aus dem Kernkörperchen bei der Eireifung, d. h. bei der Bildung der Richtungskörperchen, gelegentlich besprochen. Schaxel kommt sogar zu dem Schluss, dass die von Hartmann bestätigte Darstellung Oscar Hertwig's und seiner Zeitgenossen irrtümlich sein muss.

Weil in dieser so wichtigen Frage die Äusserungen Schaxel's die neuesten und also ganz aktuell zu sein scheinen, mögen sie hier eingehender wiedergegeben werden. Nachdem er beschrieben hat, wie in seinem »Stadium der Emission» das Chromatin aus dem Kern in den Eileib hinaustritt, schildert er den Zustand in den folgenden Stadien (den Postemissionsstadien) folgenderweise: »Zu den Anzeichen der Beendigung der Emission gehört die Verwischung der Zentrifugiefigur infolge der andersartigen Lagerung, in die das Kernchromatin nunmehr gerät. Zwar findet noch ein weiteres Abströmen des Chromatins vom Nucleolus statt; die Assimilation hat aber offenbar aufgehört; denn im Nucleolus entstehen achromatische Gebiete, die solange in Grösse zunehmen, *bis der Keimfleck überhaupt kein Chromatin mehr enthält.*[2]) Er zeigt von da an keine substanziellen Beziehungen zum Chromatin mehr... Je mehr das Keimbläschen sich der Reife nähert, desto individualisierter *treten die Chromatinfäden hervor, um bei der Auflösung der Kernmembran in die Richtungsspindelchromosomen überzugehen.*[2]).. Den bekannten Vorgängen der Richtungskörperbildung selbst habe ich nichts Neues hinzuzufügen.» Und über den Nucleolus äussert dann Schaxel u. a. speziell: »*Schliesslich ist der Nucleolus völlig chromatinfrei.* Der Vakualisationsprozess schreitet noch fort und auch der Umfang des Nucleolus nimmt noch zu. Im reifenden Keimbläschen ist er nur noch ein verzerrtes, schwach gefärbtes Gebilde, dessen Resorption im Plasma bei der Keimbläschenauflösung schon erwähnt wurde. Wie ebenfalls gesagt, *zeigt also der Nucleolus der Echinodermen-Eibildung* bei meinen Befunden nach den mit der Chromatinemission im Zusammenhang stehenden Prozessen *keine substanziellen Beziehungen zum Chromatin mehr*»[2]).

Und in dem Kapitel über »die Angaben anderer Autoren» äussert Schaxel schliesslich folgendes:

»Hartmann's (1901) Befund an Asterias glacialis, dass der Nucleolus beim Abschluss der Reifung als vakuolisiertes Gebilde in den Zelleib gelangt, konnte ich bestätigen. *Die Angabe aber, dass bei der Eiablage aus dem alles Chromatin enthaltenden Nucleolus die Chromosomen entstehen, halte ich für irrtümlich;*[2]) denn bei dem Asterias nahestehenden Astropecten ist im älteren Ovarialei die Chromatinleere des Nucleolus sehr deutlich und die Integration der Chromosomen aus dem vom Nucleolus nach der Emission abgeströmten Chromatin leicht zu verfolgen.»

Diese Darstellung Schaxel's aus dem Jahre 1911 hinsichtlich der Herkunft der Chromosomen direkt aus dem Nucleolus bei dem Prozesse der Richtungskörperbildung steht also in vollständigem Widerspruch zu der hier oben referierten, von Oscar Hertwig im Jahre 1878 gegebenen berühmten und allgemein angenommenen, in neuerer Zeit von Hartmann bestätigten Beschreibung dieses Prozesses. Es war deshalb um so wichtiger, das fragliche Problem von neuem und zwar, wenn möglich, mit noch verbesserteren Methoden zur Prüfung aufzunehmen. Wie oben erwähnt worden ist, hatte ich schon, noch ohne von Hartmann's und Schaxel's Arbeiten etwas zu wissen, eine derartige Untersuchung vorgenommen, und zwar v. a. mit solchen Färbemethoden, die eine sichrere Auskunft über das Schicksal der Chromosomen, resp. des Kernchromatins geben könnten.

Ich muss aber offen gestehen, dass ich hinsichtlich einiger wichtiger Punkte der bisherigen Auffassung dieses Prozesses schon lange etwas skeptisch gewesen bin. Zwar bezweifelte ich nicht die Richtigkeit der Beobachtungen eines so ausgezeichneten und scharfsichtigen Forschers wie Oscar Hertwig, und da dieselben mit denen Van Beneden's, Greeff's und Fol's in manchen Beziehungen übereinstimmten, lag auch darin ein Beweis für die Richtigkeit der Befunde. Und doch war mir, offen gesagt, die Auffassung, nach welcher der Nucleolus die Chromosomen zur ersten Richtungskörperspindel abgeben solle, so befremdend, dass ich diesen Prozess gern mit den

---

[1]) Julius Schaxel, *Das Zusammenwirken der Zellbestandteile bei der Eireifung, Furchung und ersten Organbildung der Echinodermen.* Archiv f. mikrosk. Anat. und Entwickl.-gesch., Band 76, 1911.

[2]) von mir kursiviert.

eigenen Augen zu beobachten wünschte, bevor ich davon ganz überzeugt werden konnte. Ich erwähne diese meine Stimmung, um zu betonen, dass ich um so mehr erstaunt wurde, als ich Schritt für Schritt von der adäquaten Beschaffenheit der Darstellungen der Vorgänger, und zwar vor allem Oscar Hertwig's, überzeugt wurde. Die Beobachtungen derselben waren ja grösstenteils an lebenden und frischen Eiern teilweise auch unter Zusatz von Reagenzien, ausgeführt. Ich arbeitete dagegen vor allem mit den Methoden der neueren Technik und mit starken Vergrösserungen. Ich fixierte die in das Meerwasser entleerten Eier zu bestimmten Zeitmomenten (nach 5—10—15—20—25—30 u. s. w. Minuten) entweder in Sublimatlösungen (Zenker'scher Flüssigkeit etc.) oder in Pikrinessigsäure, welche mir die besten Resultate gaben. Die Flemming'sche und die Hermann'sche Mischung lieferten bei weitem nicht so schöne Bilder. Die Färbung der dünn mikrotomierten Schnitte (2, 3 und 4 μ, am besten 3 μ) wurden mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach M. Heidenhain ausgeführt. Die Präparate ergaben in der Tat eine Reihe prägnanter Bilder, welche zeigten, dass der Nucleolus des Keimbläschens nach solchen Veränderungen, die Hertwig geschildert hat, kleine Körperchen an die im Ei entstandene Zentrosomstrahlung resp. die Spindel des ersten Richtungskörpers abgibt. Dies liess sich in zahlreichen Fällen in den dunklen Silhouette-Bildern der Hämatoxylinfärbung deutlich bestätigen.

Aber — und dies scheint noch von niemand versucht worden zu sein — ich wünschte die Eigenschaften und das Verhalten dieser Körperchen bei der Anwendung von erläuternden Farbenreagenzien kontrollieren und ihre Ausbildung während des Reifungsprozesses im Keimfleck genauer verfolgen zu können. Hierzu eignete sich die dunkle Hämatoxylinfärbung nicht. Ich zog deshalb die *Biondifärbung* hinzu. Nach einigen misslungenen Versuchen vermochte ich bald ganz schöne Präparate mit dieser Methode zu erhalten. Über diese Befunde soll nun hier berichtet werden. Auf den Tafeln I, II und III habe ich eine Auswahl der zahlreichen von mir beobachteten, diese Erscheinungen darstellenden Bilder wiedergegeben. Die Tafeln I und II enthalten Stücke von Eischnitten, die nach der Biondimethode, die Tafel III solche, welche mit Hämatoxylin behandelt worden sind. In der folgenden Darstellung kann ich, unter Hinweis auf die Figuren dieser Tafeln und die Angaben meiner Vorgänger, die Beschreibung der Befunde ganz kurz fassen.

Mir liegt aber ob, hier nicht nur den Reifungsprozess an und für sich zu behandeln, sondern auch im Zusammenhang mit anderen, in diesem Bande veröffentlichten Befunden das Verhalten der Chromosomen und des Chromatins der Kerne im ganzen zu verfolgen und zu eruieren, weshalb ich hier auch auf diese Erscheinungen genauer eingehe.

Hinsichtlich der Asteriaseier beabsichtigte ich indessen mit meiner Untersuchung in diesem Jahre, nicht nur das Verhalten der Chromatinsubstanz bei dem Reifungsprozess, sondern auch während der ganzen ersten Entwicklung zu studieren, und zwar sowohl nach der normalen Befruchtung als auch bei der Parthenogenese und bei Kreuzungen. Diese letzteren Aufgaben konnten aber leider infolge eines Zufalls nicht durchgeführt werden. Nachdem in der ersten Woche des Mai in den verschiedenen Meeresbusen des Gullmarfjords eine Menge von Weibchen der Asterias rubens mit reifen oder beinahe reifen Eiern in den prallgefüllten Ovarien gefunden worden waren, geschah es, dass in der folgenden Woche fast alle anzutreffenden Exemplare dieses Tieres plötzlich ihre Eier entleert hatten, so dass danach fast keine mehr mit Eiern angetroffen wurden. Die bis dahin prallgefüllten grossen Ovariensäckchen zeigten sich nunmehr auf ein Minimum ihrer Grösse reduziert. Und dasselbe Schicksal betraf auch die Männchen. Ich hatte in der ersten Woche des Mai eine grosse Anzahl solcher untersucht und bei keinem einzigen ganz reife Spermien antreffen können; diese waren noch nicht beweglich, nur bei einzelnen sah man eine Andeutung von beginnender Bewegung der Köpfe. Auch die Eier waren offenbar grossenteils noch nicht fertig ausgebildet obwohl ich dennoch eine Reihe von Tieren antraf, bei denen es gelang, die Abgabe der Richtungskörper hervorzurufen. Offenbar war bei den Seesternen etwas eingetreten, was sie veranlasst hatte, ihre Geschlechtsdrüsen zu früh zu entleeren. Entweder war eine Krankheit oder auch eine schädliche Einwirkung der Umgebungen eingetroffen. In der Tat konnte gerade in der zweiten Woche des Mai eine Zumischung von Süsswasser zu dem Meerwasser infolge des anhaltenden Landwindes (von der Ostseite) vom Inneren des Gullmarfjords angenommen werden.

Ich habe diesen Unglücksfall hier erwähnt, weil dadurch erklärt wird, weshalb ich leider die geplanten Untersuchungen nur zum Teil durchführen konnte. Diese wurden durch die so allgemein gestörte Entwicklung der Eier aller anzutreffenden Seesterne schon in ihrem Anfang unterbrochen. Die normale Befruchtung der Asteriaseier vermochte ich also nicht zu erhalten. Von der parthenogenetischen Entwicklung bekam ich aber schon früh eine Anzahl von Stadien. Und was die Ausreifung der Eier betrifft, gelang es mir schon in der ersten Woche

des Mai genügend Material einzusammeln, um in die Erscheinungen dieses Prozesses einen unbefangenen Einblick zu gewinnen. Auch hinsichtlich der parthenogenetischen Verhältnisse erhielt ich für die Chromosomenfrage das nötige Material. Das betreffende Verhalten der Chromosomen bei der ersten Entwicklung nach der normalen Befruchtung soll dagegen bei *Parechinus miliaris* hier dargestellt werden.

Ich gehe nach dieser Einleitung zu der Beschreibung meiner Befunde über und fange mit der *Eireifung bei Asterias rubens* an. In betreff der Hüllen und des Baues des Ovarialeies kann ich hier in der Darstellung kurz sein, da dieselben schon von mehreren Forschern, und auch neuerdings von mir selbst besprochen worden sind. Die gelatinöse Hülle, welche schon seit lange als eine Zona pellucida oder Zona radiata aufgefasst worden ist, indem man (auch O. Hertwig) in ihr anfangs eine radiäre Struktur sah — mir kam leider eine solche nie sicher zu Gesicht — wird bekanntlich von einer sie eng umschliessenden Schicht von dünnen, kernführenden Zellen eingehüllt, deren Zellgrenzen ich mittelst Methylenblau und pikrinsauren Ammoniaks dartun konnte und in dem 15. Bande dieser Serie darstellte (s. dort Fig. 4 der Taf. X). Nachher habe ich gefunden, dass schon Fol im J. 1879 die Grenzen dieser Zellen mittelst der Höllensteinmethode dartun konnte, obwohl ich bei ihm keine nähere Beschreibung oder Abbildung derselben gefunden habe. Ich habe auch diese Methode angewandt und einigemal ganz scharfe und charakteristische Silbermosaikzeichnungen bekommen, welche mit den mittelst der Methylenblaumethode erhaltenen gut übereinstimmen. Die Fig. 12 der Taf. III hierunten gibt ein Ei mit den Silberkonturen wieder, wie sich die gewöhnlichste Gestalt des Zellenmosaiks zeigt.

Diese Zellhülle kommt allen in den Ovarien befindlichen Eiern zu. Nachdem sie aber in das Meerwasser entleert sind, fällt, wie die Autoren angeben, dieselbe bald mehr oder weniger ab, so dass man später nur einzelne Fetzen derselben an den Eiern antrifft.

Der *Bau des Eiprotoplasmas* ist bei Asterias rubens von eben der Beschaffenheit, die ich schon im vorigen Bande (B. XV) dieser Serie beschrieb und abbildete und die mit der ebenda ausführlicher von mir dargestellten Struktur der Ovarialeier von Parechinus miliaris sehr nahe übereinstimmt. Hier mag nur betont werden, dass in den Eiern von Asterias nach geeigneter Behandlung die Anordnung der Eisubstanz in gewundenen, von gekörnten Mitomgeflechten umsponnenen Strängen oder Balken ausserordentlich deutlich und prägnant hervortritt. An der Oberfläche des Eies findet sich stets eine dünne, aber dichter gewordene und festere Schicht, in welcher Körnchen, die sich mit Farbstoffen (Hämatoxylin, Säurefuchsin etc.) stark färben, der Oberfläche parallel angeordnet sind. In der Flächenansicht bieten diese Körnchen, wie ich schon in dem vorigen Bande (Fig. 10 der Taf. X) zeigte, eine charakteristische Mosaikzeichnung dar (hier unten Fig. 16 der Taf. III), indem sie in gewundenen, miteinander hier und da zusammenlaufenden Reihen gelagert sind; dann und wann sind sie auch in dichteren Gruppen angesammelt. Diese Körnchen bieten viel Ähnlichkeit mit den Körnchen des Mitomgeflechts des übrigen Protoplasmas im Eie dar und bilden offenbar nur ein in der Oberflächenschicht desselben flach angeordnetes Geflecht. In den Rauten des Mosaiks entsprechen die hellen Räume nach innen davon gelegenen hellen, tropfenähnlichen Kugeln, welche wohl als eine Art Paramitomsubstanz aufzufassen sind. An Vertikalschnitten der Eioberfläche treten diese hellen Kugeln gewöhnlich als eine dicht unter derselben und der Körnchenschicht angeordnete helle Schicht auf, welche dann direkt in das Protoplasma übergeht.

Das grosse *Keimbläschen* der Ovarialeier, welches schon längst von den Verfassern beschrieben worden ist (s. auch meine Darstellung im XV. Bande dieser Serie), liegt in der Regel etwas exzentrisch im Eie und enthält nach innen von seiner starken, scheinbar unstrukturierten Kernmembran eine helle sogenannte Kernsaftsubstanz mit in dieselbe eingelagerten strukturierten Teilen, nämlich den Nucleolus und die Körnchen-Liningeflechte, welche teilweise schon am lebenden Ei sichtbar sind.

Der *Nucleolus* (der Keimfleck oder das Kernkörperchen) der Asteriaseier ist schon von den Vorgängern, besonders von O. Hertwig und M. Hartmann so eingehend geschildert, dass ich ihn hier nur kurz besprechen werde. Schon am frischen lebenden Ei bemerkt man in dem glänzenden kugligen, nach der Grösse des Eies und des Keimbläschens an Grösse wechselnden Nucleolus, dass er aus mindestens zwei differenten Substanzen besteht. In der stärker glänzenden Substanz, welche auch die Oberfläche desselben bildet, sieht man runde, tropfenförmige Kügelchen von verschiedener Grösse und Anzahl eingebettet liegen. Diese Kügelchen werden gewöhnlich von alters her als »Vakuolen« bezeichnet. Hier und da erscheinen auch in der sie einschliessenden Substanz etwas dunklere kleine Partien, die aber nicht scharf begrenzt sind und oft gar nicht hervortreten. Offenbar sind es die letzteren Stellen, welche der kleineren dunkleren Substanz Oscar Hertwig's entsprechen.

Durch die Färbung mit Hämatoxylin nach Heidenhain nach der Fixierung in Pikrinessigsäure oder Subli-

matlösungen bekommt man in den Nukleolen nur Schwärzung in verschiedenen Nuancen unter mehr oder weniger Hellbleiben der »Vakuolen«. Meine Hoffnung konzentrierte sich deshalb auf die Befunde bei der *Biondifärbung*. Meine zahlreichen Versuche unter verschiedener Anwendung dieser Methode ergaben nun für das Ovarialei das Resultat, dass der Nucleolus im frischen Zustande keine spezifische Färbung zeigt; nach seinem Fixieren in den oben genannten Gemischen nimmt er aber konstant eine *violettblaue*, nie eine rote oder blaugrüne Farbe an, und zwar in allen Stadien der Ausbildung, indem die kleineren in der Regel heller und die grösseren immer dunkler gefärbt werden. In der violettblau gefärbten Substanz treten dann auch die »Vakuolen« als helle Kugeln hervor, gerade so wie es bei den Ovarialeiern von Parechinus miliaris der Fall ist. Auf der Taf. IV habe ich in Fig. 1—5 von Asterias rubens eine Reihe von Ovarialeiern und Nukleolen verschiedener Grösse und Ausbildung abgebildet, in denen diese Verhältnisse zu sehen sind. Nur hier und da, aber nicht als Regel, treten in der violettblau gefärbten Substanz etwas dunklere, unscharf begrenzte Stellen hervor, welche wohl der dunkleren Substanz von Hertwig und Hartmann entsprechen mögen; in Fig. 5 ist ein solcher Nucleolus allein wiedergegeben. Wenn Nebennukleolen vorkommen, was jedenfalls nicht allgemeine Regel ist, so nehmen sie auch dieselbe violettblaue Farbe an.

Was bedeutet nun diese Färbung der Nukleolen der Ovarialeier? Nach den oben erwähnten chemischen Färbungsindizien enthalten diese Nukleolen nicht reines Nuklein, noch weniger reine Nukleinsäure, denn dann würden sie ja blaugrün oder grün gefärbt sein. Reine Eiweisstoffe enthalten sie auch nicht; dann sollten sie rot gefärbt werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach bestehen sie aus einer Mischung von Nuklein und Eiweisstoffen, welche die violettblaue Färbung abgibt. Ihre Vakuolensubstanz, die sich nicht oder jedenfalls äusserst schwach färbt, scheint keine von diesen Substanzen zu enthalten; es wäre ja anzunehmen, dass sie Eiweissubstanz enthalte; es gelang mir aber nicht, eine deutliche Rotfärbung derselben wahrzunehmen. An den mit Eisenalaun-Hämatoxylin gefärbten Präparaten sah ich in den grösseren Vakuolen oft das feine, auch von anderen Autoren erwähnte Netzwerk. An den Biondipräparaten trat dies nicht hervor, jedenfalls nicht mit besonderer Farbe.

Durch diese Befunde kam ich deshalb zu der Überzeugung, dass, abgesehen von den »Vakuolen«, die ganze übrige Substanz der Nukleolen in den Ovarialeiern, nach den Färbungsverhältnissen zu beurteilen, aus einer und derselben Substanzmischung besteht, welche zwar stellenweise »verdichtet« werden kann, aber in sich keine eigentlich spezifisch verschiedene Beschaffenheit besitzt. Es ist diese Tatsache von besonderem Interesse, wenn man sie in der Beleuchtung der bei der Ausreifung auftretenden Erscheinungen betrachtet. Ehe ich aber zu der Darstellung derselben übergehe, sollen noch die übrigen Bestandteile des Inhalts der Ovarialeikerne kurz besprochen werden.

Die unstrukturierte Substanz des »Kernsafts« nimmt durch die Biondimethode keine spezifische Färbung an, höchstens wird sie äusserst schwach rot. In ihm finden sich aber in den fixierten Präparaten teils stärkere, gekörnte Stränge von wechselnder Länge, Dicke, Gestalt und Richtung, teils bemerkt man oft auch zwischen ihnen feinere, ebenfalls gekörnte Stränge und Geflechte. Dass unter diesen beiden ein Unterschied besteht, geht besonders an Eisenalaun-Hämatoxylin-Präparaten hervor, indem in diesen, bei genauer Differenziation, sich eine starke Farbendifferenz zeigt; die sparsameren gröberen Stränge behalten die Hämatoxylinfarbe noch lange, nachdem die feineren die ihrige abgegeben haben. An den Biondipräparaten färben sich eigentlich nur die gröberen Stränge distinkt, und zwar mit kräftig rötlicher Farbe (Taf. IV., Fig. 1—4). Nicht selten bemerkt man indessen bei starker Färbung eine gewisse *violette* Schattierung der roten Farbe, welche sich auch später in den sich ausreifenden Eiern nachweisen lässt. Diese Stränge, welche wohl auch in den Ovarialeikernen aus Lininsubstanz bestehen, pflegen ja in den meisten Zellarten Chromatinkörner, Chromiolen, zu tragen. Ihre rötliche Färbung spricht nun in diesen Eikernen dagegen; der zuweilen vorkommende Anstrich ins Violette scheint jedoch darauf hinzudeuten, dass sie wenigstens zuweilen doch etwas Chromatinsubstanz, obwohl gewöhnlich nur in geringer Menge, enthalten. Die erwähnten feinsten Stränge und Geflechte, welche nur schwächer hervortreten, färben sich dann auch rötlich. Ob dieselben natürliche Elemente sind oder nur nach dem Tode auftreten und Niederschläge darstellen, ist übrigens noch nicht sicher entschieden.

Indem ich nach dieser Einleitung zu der Darstellung der Befunde bei der *Ausreifung der Asteriaseier* übergehe, betone ich zuerst noch einmal, dass, nachdem durch die oben referierte Untersuchung M. Hartmann's die von Van Beneden, Greeff, Fol und vor allem Oscar Hertwig schon längst gewonnenen Entdeckungen und Erläuterungen dieses wundervollen Prozesses, wenigstens teilweise, auch mittelst der Anwendung der neueren histologischen Technik bestätigt worden sind, ich in meiner Darstellung kurz sein kann und nur, was in meinen Befunden neu ist, etwas ausführlicher besprechen will. Durch die Angaben und Behauptungen Schaxel's ist aber auch in der allerletzten Zeit die ganze Lehre von der direkten Herkunft der Chromosomen der Richtungskörper und des Eikerns von dem

Nucleolus das Keimbläschens als irrtümlich erklärt. Infolgedessen ist eine erneuerte Prüfung des Gegenstandes indiziert, weshalb diese meine Befunde nützlich sein können. Wie oben erwähnt wurde, benutzte ich sowohl die Färbung mit der Eisenalaun-Hämatoxylin- als mit der Dreifarbenmethode. Mittelst der ersteren Methode erhielt ich eine Reihe von Bildern, welche sich denen von Hertwig und Hartmann anschlossen und ungefähr zu denselben Ergebnissen führten. Sie lieferten aber auch, wie bei den Präparaten meiner Vorgänger, nur mehr oder weniger dunkle Silhouettebilder der Kernsubstanzen, resp. des Keimflecks und der Chromosomen. Auf der Tafel III habe ich in den Fig. 1, 2 und 3 drei solche Stellen nach diesen meinen Präparaten wiedergegeben. Sie sind ja an sich gut und interessant, geben aber keine Farbenunterschiede der Substanzen der fraglichen Gebilde. Mittelst der von mir mit schönem Erfolg benutzten Dreifarbenmethode wurde dagegen ein Einblick in die Differenziation der Chromosomen gewonnen, welche besonders wertvoll ist. Ich gehe deshalb sofort zur Darstellung dieser Befunde über, um nur zuweilen zum Vergleich auf die mit der Hämatoxylinfärbung erhaltenen zurückzukommen.

Mittelst der *Biondi*färbung lassen sich in den Präparaten sehr gut die verschiedenen Stadien der Veränderungen des Eies und speziell auch des Keimbläschens nachweisen, welche regelmässig in den fertigen Ovarialeiern eintreffen, nachdem sie in Meerwasser entleert wurden, und die von meinen Vorgängern eingehend beschrieben worden sind. Zwar treten diese Veränderungen in den einzelnen Eiern etwas verschieden schnell ein. Zuweilen bemerkt man an ihnen eine Verzögerung des Prozesses und sogar einen Stillstand desselben mit nachfolgendem abnormem Verlauf; dies schien mir darauf zu beruhen, dass der Sauerstoffgehalt des Wassers in den die Eier enthaltenden Gefässen zu beschränkt wurde, was besonders dann eintrat, wenn ich zu viele Eier in nicht hinreichend grossen Wasserschalen aufbewahrte. Da aber auch in diesen nicht regelmässig verlaufenden »Eikulturen» einige den Prozess erläuternde Erscheinungen eintraten, werde ich dieselben nach der Darstellung des normalen Verlaufes mitteilen.

Nachdem die entweder von dem Tier selbst abgegebenen oder aus den Ovarien herausgenommenen Eier in das Meerwasser gelegt worden sind, tritt etwa binnen 10—20 Minuten die von den Vorgängern beschriebene erste Reihe der Veränderungen im Keimbläschen ein, welche sich darin zeigen, dass dieser Kern an einem Teil seines Umfangs schrumpft und seine Membran sich faltet. Die Fig. 1 und 2 der Tafel I geben die betreffenden Partien von zwei solchen Eiern, die 15 Minuten im Meerwasser lagen, wieder. Bei der Schrumpfung und Einfaltung des Kerns ist offenbar ein Teil des »Kernsafts» durch die Membran ausgetreten und füllt den dadurch entstandenen Raum zwischen dem Kern und dem Protoplasma. In diesem Raum bemerkt man gewöhnlich rötlich gefärbte feine Fädchennetze, welche den Charakter von ausgefällten Niederschlägen zeigen und wohl durch die Fixationsflüssigkeit in einer hier vorhandenen Eiweislösung entstanden sind. Das Eiprotoplasma selbst mit dem Deutoplasma ist in der Partie des Eies, welche zwischen diesem Teil des Kerns (und des erwähnten Raumes) und der Eioberfläche gelegen ist, in der Regel auch schon dadurch verändert, dass in ihm kleinere helle, rundliche oder ovale Räume entstanden sind, welche auf eine lokale Vermehrung des Paramitoms hinweisen; ob aber die in diesen Räumen auftretende flüssige unstrukturierte Substanz auch aus dem geschrumpften Keimbläschen stammt, was wohl wahrscheinlich sein kann, oder von aussen, durch Aufnahme von Meerwasser, herrührt, ist schwer zu entscheiden.

Gleichzeitig treten nun auch die Veränderungen im *Nucleolus* ein. Seine Farbe in der Biondibehandlung bleibt fortwährend violettblau; die »Vakuolen» werden aber undeutlicher und scheinen sogar zu verschwinden; statt derselben schimmern in der Nucleolussubstanz rötlich gefärbte Partien, obwohl undeutlich, hervor (Fig. 2 der Taf. I). Der Nucleolus wird an seiner Oberfläche etwas uneben, höckerig. Das gekörnte Geflecht im Kernraum wird, im Zusammenhang mit der Verkleinerung dieses Raumes, dichter gedrängt; es nimmt in der Biondifärbung eine mehr oder weniger deutliche violettrote Farbe an, welche von dem rötlich gefärbten Mitom des Protoplasmas absticht (Fig. 1 und 2 der Taf. I). Nun tritt bald (zwischen 20 und 35 Minuten nach der Ablage der Eier) die bekannte Auflösung der Kernmembran ein, welche an dem Umfang des Keimbläschens beginnt, der sich zuerst eingebuchtet hatte und der Eioberfläche am nächsten liegt. Zugleich wandert der Nucleolus auch nach dieser Stelle hin und zeigt nunmehr grosse Veränderungen (Fig. 3 der Taf. I). Er ist geschrumpft und höckerig geworden, und in seiner Substanz ist eine deutliche Differenzierung eingetreten, indem sich eine noch stark violettblau gefärbte Partie von der übrigen, die rötlich grau erscheint, abgetrennt hat; die blaugefärbte Substanz liegt in die andere eingeschlossen und zeigt sich verzweigt. Der Nucleolus liegt an der äusseren Grenze des sich auflösenden Keimbläschens und ist im Begriff in das Protoplasma hin einzuragen.

Bald danach löst sich die Kernmembran ganz auf, und der Inhalt des Keimbläschens stösst direkt an das Protoplasma, indem sein körniges Stranggeflecht sogar hier und da kleine Fortsätze in dasselbe einschiebt. Die etwas verschiedene Färbung der beiden Geflechtwerke ermöglicht es aber noch, ihre Grenzen zu unterscheiden. Nun

tritt die neue wichtige Phase des Reifungsprozesses ein, in welcher in der dem Nucleolus zunächst gelegenen Partie des Eiprotoplasmas ein Zentrosom mit einer es rings umgebenden Strahlung bemerkbar wird (Fig. 4 der Taf. I). In den Biondipräparaten tritt das schön rot gefärbte runde Zentrosoma mit seiner hellen Sonne stark hervor. Der Nucleolus nähert sich immer mehr dem Zentrosom, indem er aus dem Kernraum hinaus einen Fortsatz von verschiedener Form gegen die Strahlung hervorschiebt. Man erkennt nun in der Substanz des Nucleolus eine Anzahl getrennter, ungefähr gleich grosser, stark blaugefärbter Körperchen oder Körner, welche auch in den erwähnten Fortsatz hineindringen. Die schon vorher vorhandene blaue Substanz hat sich in eine Anzahl getrennter Körner gespalten. Diese Körner treten nun, das eine nach dem anderen, aus dem Nucleolusfortsatz in die Strahlung über; man erhält aus dem ganzen Benehmen den Eindruck, dass sie von dem Zentrosom angezogen werden. Aber nun trifft eben das wichtige Moment ein, wo diese Körner durch die Biondifärbung ihre wirkliche Natur und Beschaffenheit offenbaren. Sie nehmen nämlich bei dem Austritt aus dem Nucleolus und dem Übergang in die Strahlung bei der geeigneten Biondi-Färbung *konstant eine intensiv blaugrüne Farbe* an, welche sogar dem echt Grün sehr nahe steht. Hierdurch erweisen sie sich auf einmal auch als aus *Nuklein*, falls nicht aus Nukleinsäure, bestehend. Es ist dies, wie betont, ein sehr wichtiges Moment. Im Nucleolus waren sie doch von dunkel*blauer* Farbe, was auf eine Mischung von Nuklein und Eiweiss hinweist. Beim Austritt aus dem Nucleolus sind sie rein blaugrün oder sogar noch mehr grün (Nukleinsäure?) gefärbt. Es ist dies ganz auffallend, vor allem wenn man, wie recht oft geschieht, Stellen antrifft, wo ein Körperchen eben aus dem Nucleolus ausgetreten ist (Fig. 7, 10, 6 der Taf. I).

In dieser Weise gibt der Nucleolus das eine Körperchen nach dem anderen ab, welche in den Umkreis der Strahlung des Zentrosoms eintreten.

Der Nucleolus stellt aber zuweilen nicht nur einen einzigen, zusammenhängenden Körper dar, sondern teilt sich schon früh in mehrere Stücke, wie die Fig. 6 der Taf. I zeigt. Hartmann hat ebenfalls solche gesehen. In diesen Fällen schickt das Organ nicht nur einen einzigen Fortsatz, sondern mehrere solche, zwei, drei, vier, fünf (Fig. 6), welche alle je für sich grün gefärbte Körperchen abgeben können, gegen das Zentrosom. Sowohl in der Form als in der Verteilung des Nucleolus und seiner genannten Fortsätze können manche Variationen vorkommen, so dass man keine für alle Fälle geltende Darstellung geben kann. Die in Fig. 7, 8 und 10 (Taf. I) wiedergegebene Gestalt scheint indessen die am gewöhnlichsten anzutreffende zu sein. Nicht selten findet man den von O. Hertwig dargestellten langhalsigen Fortsatz (Fig. 3 der Taf. III). In anderen Fällen ist kein Fortsatz nachweisbar (Fig. 5 der Taf. I); es ist aber sehr möglich, dass der Fortsatz sich amöbenartig herausstrecken und wieder zurückziehen kann.

Hartmann meint, dass die in der beschriebenen Weise von dem Nucleolus abgegebenen Körperchen, welche, indem sie sich um das Zentrosom anordnen, *Chromosomen* darstellen, noch von einem Mantel aus Plastin umgeben sind. Meine Befunde mit der Biondifärbung widersprechen dieser Auffassung. Ich finde um dieselben keinen roten Mantel, sondern nur die grünen, offenbar aus Nuklein (resp. Nukleinsäure) bestehenden Körperchen, also echte Chromosomen.

Nun tritt, etwa zwischen 40 und 50 Minuten nach der Ablage der Eier, die Teilung des Zentrosoms in zwei Tochterzentrosome mit je einer Strahlungssonne ein, und zwischen ihnen spannt sich ein Faserband aus, welches zu der Spindel wird, um welche sich die Chromosomen anordnen (Fig. 8 und 9 der Taf. I). Die Chromosomen behalten fortwährend ihre grüne Farbe, und der ganze Spindelapparat mit ihnen und den beiden Zentrosomen sowie mit ihren Strahlungen wandert gewöhnlich noch vor dem Ende der ersten Stunde nach der Eioberfläche hin, um dort in das Stadium der Abgabe der Richtungskörper überzugehen.

Der Nucleolus bleibt noch ungefähr an jener Stelle liegen, wo er die Chromosomen abgegeben hat, und zeigt in seinem Inneren noch die übriggebliebenen blauen Körner. Wie Hartmann angibt, ist der Nucleolus in den Präparaten während der ganzen Zeit, in welcher der Prozess der Abgabe der Chromosomen vorsichgeht, von einem »leeren» Raum umgeben, welcher ihn von dem gekörnten Fasergeflecht des Kernraums trennt und nur den Kernsaft enthält. Schliesslich zieht er sich gewöhnlich mehr in den alten Kernraum zurück und zerfällt dann, wenn dies nicht schon früher geschah, in mehrere Stücke verschiedener Grösse, die oft voneinander getrennt liegen können (Fig. 11 der Taf. I). Sowohl der Rest des Nucleolus als des gekörnten Fasergeflechtes lassen sich noch einige Zeit, zwei oder drei Stunden, im Protoplasma des Eies nachweisen, und zwar besonders durch die bläuliche Färbung. Ich bemühte mich sehr zu eruieren, was aus diesen Resten zuletzt wird, und wie lange sie noch im Eiprotoplasma nachzuweisen sind. Dies gelang mir aber nicht sicher. Sie wurden immer undeutlicher begrenzt und scheinen in der Tat, wie man angenommen hat, in das Protoplasma überzugehen oder auch ganz aufgelöst zu werden. Die Nucleolusreste scheinen allmählich in kleinere Körnchen zu zerfallen, welche in das Protoplasma zerstreut werden. In den Hämatoxylinpräparaten findet man in der Tat in der Umgebung der Stelle,

wo dieser Körper früher lag, solche zerstreute Körner, welche sich noch dunkel färben lassen und diese Farbe noch lange behalten, nachdem die Körnchen des Mitoms mit Eisenalaun abgefärbt worden sind. Solche grössere, dunkel gefärbte Körner könnte man als eine Art »Mitochondrien« auffassen; ihre Abstammung vom Nucleolus ist aber sehr wahrscheinlich, eben weil sie, wie erwähnt, gerade in der Partie des Eies gehäuft liegen, wo das frühere Keimbläschen und der Nucleolusrest ihren Platz hatten.

Was den eigentlichen Nucleolusrest in seinen verschiedenen Stadien betrifft, so mag aber hier betont werden, dass derselbe nach der Biondifärbung nicht immer blau gefärbte Körnchen enthält. In der Regel hängt dies von der Nachbehandlung der Biondipräparate ab. Man muss sie sehr schnell durch den Alkohol in den Xylol ziehen, weil bekanntlich der Alkohol sie sonst zu viel entfärbt. Durch etwas Übung lernt man jedoch bald diese Operation zu bewerkstelligen und schön gefärbte Präparate zu erhalten. Leider sind sie aber gewöhnlich nicht lange Zeit haltbar. Ich besitze indessen Präparate, die mehrere Monate ihre Farbe gut behalten haben. Man tut aber jedenfalls richtig, wenn man die interessanteren Partien bald möglichst abbildet.

Bei einem genauen Studium der in den betreffenden Biondipräparaten befindlichen Nukleolen dieser Art trifft man eine Reihe wechselnder Bilder, welche z. T. recht schwer deutbar sind. Von solchen sind auf der Taf. II in den Fig. 13—18 einige Beispiele wiedergegeben. Die Fig. 13 stellt eine in den früheren Stadien oft vorkommende Form dar, bei welcher der sich violettblau färbende Teil sich nach der Mittelpartie zusammengezogen hat und in den Seitenpartien eine rötlich gefärbte Substanz enthält. In den Fig. 14, 15 und 16 sind gleichfalls oft vorkommende Beispiele abgebildet; hier lässt sich ebenfalls die blaugefärbte Substanz distinkt wahrnehmen, indem sie Sammlungen von Körnern in der umgebenden helleren rötlichen Substanz darstellt. In den Fig. 17 und 18 sind zwei Nukleolen wiedergegeben, welche nach stärkerer Abfärbung die dunklere Partie der Substanz in grünlichem Farbenton zeigen. Bei noch stärkerer Abfärbung kann dieser Ton sogar ins Gelbe übergehen und zuletzt nur graulich werden. Hieraus ersieht man, wie wichtig es ist, die Entwässerung im Alkohol schnell und regelmässig auszuführen, um die Färbung möglichst gut und konstant zu erhalten.

Wie oben schon erwähnt wurde, tritt zuweilen, aller Wahrscheinlichkeit nach durch einen mangelnden Säuregehalt des Meerwassers oder vielleicht auch durch andere unbekannte Umstände, eine Verzögerung oder gar ein Stillstand des Ausreifungsprozesses der Eier ein, so dass man noch längere Zeit, zwei Stunden oder mehr nach der Ablage der Eier in das Wasser, Stadien in den Eiern antrifft, welche eigentlich der ersten halben Stunde angehören. Sie können sehr verschiedenartig sein; man bemerkt aber an vielen derselben, dass sie nicht nur verspätet sind, sondern auch teilweise sich, obwohl in abnormer Weise, weiter fortgebildet haben. Das Keimbläschen hat sich zwar zusammengezogen, und die Kernmembran hat sich sogar ganz aufgelöst, auch der Nucleolus hat sich verändert, indem in ihm die sich blaufärbende Substanz zusammengezogen und oft eine Gruppe von blauen Körnern gebildet hat. Das Zentrosom mit der umgebenden Strahlung ist aber im Protoplasma ausgeblieben. Der Nucleolus liegt in diesen Fällen noch, mehr oder weniger geschrumpft oder umregelmässig gebaut oder auch in zwei oder mehrere Stücke zerfallen, im Inneren des Keimbläschens; er scheint seine weitere Ausbildung teilweise durchgemacht zu haben, ohne von einem Zentrosom angezogen zu sein. Infolgedessen findet man in ihm, wie in Fig. 11 der Taf. II, eine Gruppe von blauen, distinkt abgegrenzten Körnern in dem im übrigen ganz hellen, nur mit roten Körnchen versehenen Nucleolus, der sogar noch von einer dünnen Membran umgeben ist. Nicht selten haben aber auch die blauen Körner in solchen Nukleolen sich in distinkte blaugrüne Körperchen umgewandelt, welche den sonst an die Zentrosomenstrahlung abzugebenden Chromosomen äusserst ähnlich sind. Weil solche Nukleolen besonders interessant sind, habe ich auf der Taf. II zwei Beispiele von dieser Art abgebildet, und zwar in ihrer Lage im Inneren des Keimbläschens; die Fig. 9 und 10 zeigen in der Mitte des Bläschens je einen Nukleol mit den in der hellen graurötlichen Substanz eingelagerten blaugrünen Körperchen, welche, wie gesagt, Chromosomen sehr ähnlich sind. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben sich also die Körner dieser Substanz im Nukleol zu Chromosomen weiter ausgebildet, ohne aber als solche an eine Zentrosomenstrahlung übergeführt werden zu können.

In Fig. 10 der Taf. III ist ein Keimbläschen gleicher Art in Hämatoxylinfärbung und mit schwarzen Chromosomenkörnern wiedergegeben; mehrere solche Körner sind hier schon aus dem Nucleolus in verschiedenen Richtungen ausgetreten. Die Fig. 11 ders. Tafel stellt einen anderen derartigen Nucleolus mit zerstreut in der hellen Substanz liegenden Körnern, von denen eines noch gross, die übrigen ganz klein sind, dar. Aus den Hämatoxylinpräparaten geht die eigentliche Natur der fraglichen Körner bei weitem nicht so deutlich hervor, wie aus den Biondipräparaten.

* * *

Aus der obigen Darstellung geht also zur vollen Evidenz hervor, dass, wie Oscar Hertwig schon vor 33 Jahren an lebenden Eiern von Asterias dartun konnte, *der Nucleolus des Keimbläschens die Chromatinsubstanz zu der Chromosomenbildung bei dem Ausreifungsprozesse des Eies in sich führt und die Chromosomen abgibt.* Durch die oben dargestellten Versuche mit der Biondifärbung ist nun auch dargelegt worden, dass hierbei *die Chromosomen als fertiggebildete, offenbar aus einer Nukleinsubstanz bestehende Körper direkt aus dem Nucleolus zu der Zentrosomenstrahlung und der Spindel hinaustreten.*

Die *folgenden Phasen der Bildung der Richtungskörper* kann ich hier mit kurzen Worten schildern und werde dabei besonders das *Schicksal der Chromosomen* besprechen.

Die in der oben beschriebenen Weise gebildete Spindel stellt sich mit ihren beiden Zentrosomen und Strahlungen beinahe vertikal oder noch öfter etwas schief gegen die Eioberfläche (Taf. II, Fig. 1), wobei das äussere Zentrosom gewöhnlich dicht unter der Oberflächenschicht des Eies liegt. Die *blaugrün* gefärbten Chromosomen sammeln sich bald in der Äquatorialgegend der Spindel, um sich bald in der längst bekannten Weise durch Längsteilung an Zahl zu verdoppeln, wonach die Eioberflächenschicht und die Hülle hügelartig erhoben werden, und die Hälfte der geteilten Chromosomengruppe nach aussen in den Hügel eintritt, um bei der in üblicher Weise geschehenden Abschnürung des Richtungskörpers fortwährend als blaugrün gefärbte Körper in diesen eingeschlossen zu werden. Aus der im Ei restierenden Hälfte der Chromosomenzahl wird bald danach in der bekannten Art eine neue Spindel gebildet (Fig. 2 der Taf. II), wobei sich die Chromosomen noch immer mit Biondifärbung intensiv blaugrün färben lassen. Dann wird in bekannter Weise der zweite Richtungskörper mit der Hälfte der Chromosomen, noch immer blaugrün gefärbt, abgetrennt, und der schliessliche Rest der Chromosomen bleibt mit dem Rest der Spindel im Ei. Diese letzteren Chromosomen, welche in einer kleinen Gruppe etwas unter der Eioberfläche nackt liegen, *verlieren dann bald ihre Tendenz, mit Biondilösung blaugrün gefärbt zu werden.* Man sieht sie sich mit je einer kleinen Membran umgeben, wodurch eine Gruppe kleiner Blasen im Eiprotoplasma entsteht, welche sich *rötlich* färben (Fig. 3 der Taf. II). Diese schmelzen bald mit einander zusammen, so dass ihre Anzahl immer geringer wird, zuletzt sind nur zwei Bläschen zurück, welche dann entsprechend vergrössert sind (Fig. 4 und 5 der Taf. II) und mit je einem Nucleolus und einigen körnigen Stranggeflechten im Kernraum versehen sind. Schliesslich vereinigen sich in der Regel auch diese beiden Bläschen zu einem einzigen, welches den in dieser Weise gebildeten *Eikern* Oscar Hertwig's darstellt (Fig. 7 und 8 der Taf. II). Während dieses ganzen Ausbildungsprozesses des Eikerns wird von der blaugrünen Farbe der Biondimischung gar nichts aufgenommen; nur die *rote* Farbe tingiert sowohl die kleinen Chromosomenbläschen als die verschmolzenen grösseren und den schliesslichen *Eikern selbst* mit seinem noch vorhandenen Nucleolus und den gekörnten Strängen des Kernsafts. Zuweilen geschieht es, dass sich die beiden letzten Bläschen nicht vereinigen, sondern noch lange getrennt bleiben; dies lässt sich aber als einen abnormen Fall betrachten, der wohl selten in der Natur selbst eintrifft, sondern unseren Eikulturversuchen angehört.

In den Fig. 4—9 der Taf. III sind zum Vergleich mit den Biondibildern einige Stadien der eben erwähnten Ausbildung der Richtungskörper und des Eikerns mit der Anwendung von Hämatoxylinfärbung wiedergegeben. Eine nähere Beschreibung derselben ist nicht nötig; von Interesse ist die Tatsache, dass der recht grosse Nucleolus des Eikerns und die noch nicht verschmolzenen »Mutterkerne» desselben die Hämatoxylinfarbe nicht, oder nur ganz schwach, annehmen, sondern sich fast nur mit dem Eosin färben, während die gekörnten Stränge des Kernsafts hierbei stark schwärzlich hervortreten.

Während des Prozesses der Richtungskörperbildung sieht man, besonders in den früheren Stadien, nicht selten in ihrer Nähe in einzelnen Eiern kleine Gruppen von *zwei bis vier oder sogar fünf Strahlungen im Eiprotoplasma* entstehen, welche in ihrer Mitte je ein kleines rundliches Zentrosom zeigen; sie sind natürlich als abnorm zu betrachten und verschwinden wohl bald wieder. Bisweilen bilden sich zwischen ihnen auch abnorm gestaltete Spindeln aus; in den Fig. 19 und 20 der Taf. II habe ich zwei solche Spindeln wiedergegeben, welche sich zwischen drei Zentrosomen entwickelt haben, wodurch mittelst einer Verteilung der Spindelfasern Seitenarme der Spindeln entstanden sind; von Interesse ist es hierbei auch, die Verteilung der Chromosomen an den Spindelarmen zu beobachten.

Bei der Bildung der Richtungskörper entsteht bekanntlich *am Ei* eine eigentümliche *Einziehung der Oberfläche,* an der Stelle wo sie liegen. Das Ei plattet sich oft stark ab, so dass es von der Seite wie in der Fig. 13 der Taf. III in ziemlich schwacher Vergrösserung aussieht. Wie schon Fol und Oscar Hertwig bemerkt haben, entsteht hierbei auch ringsum die Grube, in welcher die Richtungskörper eingesenkt liegen, eine Reihe von

Faltungen der Eioberfläche, bezw. der Oberflächenmembran, welche in radiierender Anordnung liegen und sich ziemlich weit hinaus erstrecken, bevor sie in mehrere kleinere Falten übergehen und aufhören. In den Fig. 13, 14 und 15 ders. Tafel (III) habe ich in verschiedener Lage der Eier diese eigentümlichen Bildungen wiedergegeben. Einige Zeit nach dem Fertigwerden der Richtungskörper verschwinden die Faltung und Umgestaltung der Eier, indem sich diese wieder abrunden.

Das Verhalten der Chromosomensubstanz bei der Entwicklung der ausgereiften Eier der Echinodermen.

Tafel IV und V.

Weil es mir, wegen der schon oben erwähnten plötzlichen allgemeinen Ausstossung der Eier und Spermien vor ihrer vollständigen Ausbildung bei fast sämtlichen in dem Meerbusen des Gullmarfjords lebenden Individuen von Asterias rubens, leider nicht gelang, normal befruchtete Eier von diesem Seestern während ihrer weiteren Entwicklung zu verfolgen, blieb mir nur übrig, bei denselben die *parthenogenetische* Entwicklung, von welcher ich schon das nötige Material eingesammelt hatte, und dann die Verhältnisse der normalen Befruchtungs-Entwicklung bei Parechinus miliaris zum Vergleich zu studieren. In dieser Hinsicht wandte ich auch das in Pikrinessigsäure und in Sublimatlösungen, sowie in Carnoy'schem Gemisch fixierte Material an und benutzte zur Färbung der dünn mikrotomierten Schnitte (meistens von 3 μ) vor allem das Biondische Gemisch, aber auch zum Vergleich und zur Kontrolle das Eisenalaun-Hämatoxylin. Mir lag es ja ganz besonders ob, *das Verhalten der Chromosomen bei der Biondifärbung zu verfolgen.*

Wie oben geschildert wurde, zeigt der fertige Eikern der ausgereiften Eier von Asterias nach Biondibehandlung gar keine Grünfärbung, sondern er nimmt nur die *rote* Farbe an, obwohl zuweilen mit einer schwachen violetten Nuance. Auch sein Nucleolus, falls noch vorhanden, färbt sich hierbei nur rot.

Die *parthenogenetische* Entwicklung kann bei Asterias bekanntlich ohne besonderen Anstoss eintreffen. Greeff, welcher diese Tatsache entdeckte, scheint indessen angenommen zu haben, dass dieser Prozess in grösserer Umfassung geschehé, als es wirklich der Fall ist. Oscar Hertwig konnte diese Art von Entwicklung bei Asterias nicht bestätigen. Bei meinen Untersuchungen traf ich nur hin und wieder in den Eikulturen einige Eier, welche sich offenbar parthenogenetisch entwickelten, nie aber eine allgemeinere solche Entwicklung derselben, und auch nicht Gruppen von solchen, sondern nur einzelne Exemplare, ganz ausnahmsweise. Die Entwicklung dieser parthenogenetischen Eier geschah auch, wie schon Greeff nachwies, viel langsamer als die der normal befruchteten. In diesen Kulturen konnte ja eine wirkliche Befruchtung durch Sperma ganz ausgeschlossen werden, weil das Sperma der Männchen noch nicht reif war. Bei den sehr zahlreichen Männchen, die ich untersuchte, waren nämlich die Spermien noch nicht beweglich; höchstens liess sich ein sehr schwaches und langsames Wedeln der Köpfe nachweisen. Meine Versuche, mit diesem Sperma die Eier zu befruchten, misslangen vollständig. Nach der Behandlung dieser Spermien mit den spezifischen Reizmitteln, vor allem mit dem Zusatz von sehr schwachem Ammoniak, konnte zwar eine starke Bewegung derselben hervorgerufen werden. Niemals gelang es mir aber, trotz der wiederholten Versuche, die Eier mit solchen durch Ammoniak gereizten Spermien zu befruchten. Dass die Asteriaseier aber wirklich, wenigstens z. T. befruchtungsfähig waren, konnte dadurch bewiesen werden, dass sie sich bei meinen Kreuzungsversuchen mit dem Sperma von Echinus esculentus befruchten liessen, so dass ich sie bis in das Gastrulastadium bringen konnte und sogar einige junge Plutei von echtem Echinustypus erhielt. Die parthenogenetische Entwicklung der Eier von Asterias rubens rief ich mittelst der bekannten Methode mit Zusatz von Meerwasser, das mit Kohlensäure gesättigt war, hervor.

Nachdem der Eikern der sich parthenogenetisch entwickelnden Eier an seinen beiden Enden je ein Zentrosoma mit Strahlung bekommen hatte, nahm er fortwährend nur die *rote* Farbe an (Fig. 9 der Taf. IV). In dem *Spindel*stadium veränderte sich aber sogleich dies Verhalten. Nun traten die Chromosomen in der Äquatorialplatte als *blaugrüne* Körper auf, wie es die Fig. 10 der Taf. IV darstellt. Auch nach ihrer Teilung und Wanderung nach den Spindelpolen behielten sie diese Farbe unverändert. Dann aber, als sie sich in das folgende Bläschenstadium umwandelten, verschwand wieder die blaugrüne Farbe, und die *rote* kam zur Herrschaft, indem nicht nur die dünne Wandung der Bläschen, sondern auch das in ihnen befindliche Korn nur rot wurden (Fig. 11 der Taf. IV). Ebenso blieb auch ihr Verhalten, nachdem sich die Bläschen zu je einem Kern vereinigt hatten. Sobald aber dann in dem geteilten Ei die neuen Spindeln auftreten, färben sich die Chromosomen von neuem *blaugrün.* Die Fig. 12 der Taf. IV stellt dies in einer der Blastomeren eines viergeteilten Eies dar. Dies Verhalten wieder-

holt sich dann bei jedem folgenden Teilungsakt. *In dem Spindelstadium tritt die blaugrüne Farbe* in intensiver Beschaffenheit in den Chromosomen *auf;* in den sogenannten *Ruhestadien* nach geschehener Teilung sind die Kerne der Morulae immer wieder *rot.* Nachdem aber die *Blastula* gebildet worden ist, tritt merkwürdiger Weise ein neues Verhalten ein. *Alle Kerne* in den Zellen der Wandung, also auch die ruhenden färben sich nunmehr *blaugrün*; in den sich teilenden Zellen wird diese Farbe der Chromosomen noch mehr akzentuiert. Ebenso färben sich die Kerne der meisten Zellen in der Körperhöhle dunkel blaugrün; nur in ganz vereinzelten Zellen sah ich nur eine rötliche Farbe, ich vermag aber nicht die Natur dieser allerdings seltenen Ausnahme von der Regel zu erklären. Die Fig. 14 der Taf. IV stellt einen Durchschnitt von einer Partie einer solchen Blastula dar.

Nachdem ich somit das fragliche färberische Verhalten der Chromosomen bei der parthenogenetischen Entwicklung der Asteriaseier kurz geschildert habe, gehe ich zu der Darstellung desselben bei der *normalen Befruchtung der Eier von Parechinus miliaris* über; diese Darstellung ist also geeignet, die in der Beschreibung der Entwicklungsverhältnisse bei Asterias vorhandenen Lücken auszufüllen.

Nach dem Eintritt der Spermie in das Ei behält dieselbe in Biondilösung fortwährend ihre so charakteristische Tendenz, aus dieser Lösung die Methylgrünfarbe anzunehmen. Die Fig. 7 der Taf. V zeigt einen solchen eben eingedrungenen, noch nicht angeschwollenen, grün gefärbten Spermienkopf mit der ihm vorangehenden, rot gefärbten Zentrosomenstrahlung auf dem Wege zum Eikern, in welchem nur *rot*gefärbte Teile sich finden. In den Fig. 8—13 der Taf. V sind bei stärkerer Vergrösserung die nunmehr angeschwollenen Spermienköpfe in den folgenden Stadien der Entwicklung abgebildet. Diese Spermienköpfe sind zu kugligen Blasen verändert, in deren ungefärbtem und unstrukturiertem Inhalt die Chromosomenkörner mit stark *blaugrüner* Farbe hervortreten. In Fig. 8 der Taf. V ist nur die Spermieblase mit dem Zentrosom und der Strahlung wiedergegeben; in den Fig. 9—13 (Taf. V) ist auch der Eikern dargestellt, und in diesem bemerkt man nur *rot* gefärbte Elemente. Es waren ja eben solche Bilder, die den Ausgangspunkt für diese meine sämtliche Untersuchungen bildeten. Ich wurde von der so auffallend verschiedenen Färbbarkeit der Chromosomen im Spermienkern und im Eikern frappiert und wünschte besonders zu erfahren, wie sie sich nach der Verschmelzung der beiden Kerne verhalten. Die Fig. 12 und 13 der Taf. V stellen Stadien vor, welche eben dieser Verschmelzung vorangehen, wo die beiden Kerne dicht aneinander gedrängt liegen. Gleich nach dem Stadium der Fig. 13, wo schon das Zentrosom geteilt ist und seine Hälften mit je einer Strahlung im Begriffe sind, die Stelle der beiden Eipole einzunehmen, soll die Verschmelzung eintreten. Die beiden Farben, grün und rot, sind aber noch ebenso different wie vorher. Sobald aber die Verschmelzung eingetroffen ist, sieht man nichts mehr von der grünen Farbe der Spermiechromosomen. Der verschmolzene Kern enthält nur *rot* sich färbende Elemente. Hier ist also eine *Veränderung der Farbentendenz der Chromosomen der Spermie plötzlich eingetroffen.* Wenigstens gelang es mir nicht, in meinen Präparaten einen mehr allmählich geschehenden Übergang der Farbenveränderung, und mithin nicht wirkliche Zwischenstadien, nachzuweisen. Der danach sich vergrössernde und elliptisch werdende Eikern, an dessen beiden Polen je ein Zentrosom mit dessen Strahlungen im Eiprotoplasma liegt, hat in seinem Kernsaftraum immerfort nur *rot* sich färbende Chromatinstränge. Die Fig. 14 der Taf. V gibt einen solchen sogenannten ruhenden Eikern wieder. Erst nachdem dieser Kern in das Spindelstadium übergeht, trifft eine auffallende Veränderung der Chromosomensubstanz ein. In dem Stadium der Äquatorialplatte sieht er so aus, wie die Fig. 10 der Taf. IV (aus der parthenogenetischen Entwicklungsreihe von Asterias) angibt. Nachdem die Spaltung der Chromosomen geschehen ist und die Teilstücke nach den Polen gezogen sind, bietet das Bild das in Fig. 15 der Taf. V wiedergegebene Aussehen. Die Chromosomen sind nun sämtlich ganz *blaugrün* gefärbt. Aber dies prägnante Färbungsstadium geht wieder bald vorüber. Sobald die Chromosomen die Pole erreicht haben, beginnt ihre Anschwellung zu je einer kleinen Blase, indem je eine solche um sie gebildet wird; dann ist die Tendenz zur Grünfärbung wieder ganz vorbei, und das Bild zeigt sich wie in Fig. 16 der Taf. V. Hierauf verschmelzen bekanntlich die Blasen untereinander, und an jedem Pol der sich auflösenden Spindel entsteht, während die Spaltung des Eies vorsichgeht, ein anfangs gelappter, dann ovaler oder rundlicher Eikern mit je einem Zentrosom und einer Strahlung. Die Fig. 17 stellt ein solches Stadium dar. In diesem Stadium ist immerfort nur die Tendenz zur *Rot*färbung der auf feine, gewundene, gekörnte Stränge verteilten Chromosomensubstanz vorhanden.

Erst nachdem solche »ruhende» Kerne in ein neues Teilungsstadium übergehen, und sich die Chromosomen um eine Spindel ansammeln, tritt von neuem die Tendenz zur *Grün*färbung auf, wie dies in Fig. 12 der Taf. IV (aus der parthenogenetischen Entwicklung) bei Asterias wiedergegeben ist, um dann nach geschehener Teilung wieder in dieselbe Wechselung der Erscheinungen während der ganzen Morulaperiode einzutreten.

In dem Blastulastadium finde ich aber, gerade wie bei der parthenogenetischen Entwicklung, in den sämtlichen Zellen der Wandung nur eine Tendenz zur *Grün*färbung, und zwar sowohl in den Teilungs- als in den Ruhephasen. Die Fig. 18 der Taf. V zeigt eine kleine Partie der Wand einer solchen Blastula; im Gastrulastadium fand ich dieselben Verhältnisse.

Schliesslich will ich auch hier die Bemerkung beifügen, dass in den Fällen, wo eine Polyspermie eingetreten ist und die Spermienköpfe besondere Zentrosome erhalten und in Teilungen eintreten, sowie in den Fällen, wo sonst abnorme Teilungen des Eikerns mit Spindelbildungen entstehen, die an den Spindeln vorhandenen Chromosomen stets die Tendenz zur *Grün*färbung darbieten. Die Fig. 19 der Taf. V stellt bei schwächerer Vergrösserung ein solches Beispiel von abnormen Spindelbildungen, je mit einer Gruppe von grünen Chromosomen in den Äquatorialplatten der Spindeln, dar.

Kurzer Rückblick.

Wenn man die Ergebnisse der obigen Befunde zusammenstellt, so findet man hauptsächlich folgendes:

1. Die Eier der Ovarien enthalten in ihrem grossen Nucleolus die hauptsächliche, für die Chromosomen der Richtungskörper und des Eikerns bestimmte Chromatinsubstanz des Keimbläschens, aber nicht in reinem Zustand, sondern mit Eiweis intim vermischt. Dies geht aus der konstanten, dunkel violettblauen Färbung des Nucleolus nach der Behandlung mit Biondigemisch hervor.

2. Die eigentliche Abtrennung der genannten Substanz von dem Eiweiss fängt erst nach der Ablage der Ovarialeier in das Meerwasser an. Dieser von E. Van Beneden, Greeff, Fol, vor allem aber von Oscar Hertwig eruierte, in späterer Zeit von M. Hartmann bestätigte, von Schaxel in den Hauptmomenten aber als irrtümlich erklärte Prozess, welcher mit den merkwürdigen Veränderungen im Keimbläschen und im Nucleolus sowie mit dem Auftreten des Zentrosoms und der Strahlung im angrenzenden Protoplasma innig verbunden ist, schliesst mit der Abgabe der echten Chromosomen von dem Nucleolus her an die am Zentrosom entstehende erste Richtungsspindel ab. Diese Chromosomen zeigen beim Austritt aus dem Nucleolus durch ihre klar *blaugrüne* Farbe, wenn sie mit Biondigemisch behandelt wurden, dass sie nunmehr aus ungefähr reinem *Nuklein* bestehen. Diese Farbe behalten sie während der Teilungsstadien der beiden Richtungsspindeln sowie in den beiden Richtungskörpern, wogegen dieselbe nach der Abgabe der letzteren in den im Ei zurückbleibenden Chromosomenstücken bald verschwindet und durch eine *rote* Farbe ersetzt wird.

3. Der in dieser Weise entstandene, sich *rot* färbende Eikern zeigt, erst nachdem er, entweder durch die normale Befruchtung durch die Spermie oder durch parthenogenetische Entwicklung, in einen Teilungsakt eingetreten ist, wieder eine *blaugrüne* Farbe in den an der Spindel auftretenden Chromosomen.

4. Die in das Ei eingedrungenen Spermien behalten die intensive Färbbarkeit ihrer Köpfe resp. ihrer Chromosomen durch das *Methylgrün* des Biondischen Gemisches noch bis zum Verschmelzen mit dem Eikern im Befruchtungsakt. Nach der Verschmelzung schwindet sofort diese Färbbarkeit durch das Methylgrün, und die *rote* Farbe herrscht ganz in dem vereinigten »ruhenden» Kern.

5. Erst im Teilungsstadium des vereinigten Kerns tritt wieder die *blaugrüne* Farbe auf, indem die Chromosomen an der Spindel stets eine intensive solche Farbe im Biondigemisch darbieten. Nachdem sie an den Polen angelangt sind und indem sie in Bläschen sich umwandeln, verschwindet wieder die blaugrüne Färbung der Chromosomen, und die durch Verschmelzung der Bläschen entstandenen Kerne des geteilten Eies nehmen nicht die blaugrüne, sondern nur die *rote* Farbe auf. Erst nachdem sie wieder in eine Teilungsphase übergehen, treten *blaugrün* gefärbte Chromosomen von neuem an den Spindeln auf, um dann wieder im Bläschenstadium und im Ruhestadium nur die *rote* Farbe anzunehmen.

6. In der Blastulaperiode werden alle, oder beinahe alle Kerne der entstandenen Zellen durch das Biondigemisch *blaugrün* gefärbt, also sowohl die in Teilungsphasen als die in dem Ruhestadium befindlichen.

Auf die aus diesen Befunden zu ziehenden allgemeinen Schlüsse will ich, nachdem bei anderen Tieren und in anderen Geweben und Organen die Ergebnisse der entsprechenden Studien mitgeteilt worden sind, hier unten etwas näher zurückkommen.

3.

Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Eier von Ascaris megalocephala

in der Periode vor und nach dem Befruchtungsakt, und mit besonderer Berücksichtigung des Verhaltens der Chromosomen zur Ehrlich-Biondifärbung.

Tafel VI—XIII.

Seit lange hegte ich den Wunsch, das wundervolle Thema der Entwicklungsphänomene in den Eiern von Ascaris megalocephala mit eigenen Augen zu studieren. Während der Studien über den Bau und die erste Entwicklung der Eier der Echinodermen und einiger anderer niederer Tiere entschloss ich mich schliesslich, diesen Plan auszuführen, und zwar teils um die feinere Struktur des Protoplasmas der Eier von Ascaris, im Vergleich zu derjenigen bei den anderen Tieren, genauer kennen zu lernen, teils auch, und dies ganz besonders, um das Verhalten der Chromosomen des Ascariseies, welche sich bekanntlich in selten klarer Weise durch ihre verschiedenen Stadien verfolgen lassen, in ihrem Verhalten zur Biondifärbung eingehend zu prüfen. Hierdurch könnte ein Vergleich mit den bei den Echinodermen gewonnenen Ergebnissen und eine Kontrolle über diese durchgeführt werden.

Es zeigte sich aber besonders schwierig, ein hinreichend gutes Untersuchungsmaterial von Ascariseiern zu bekommen. Zwar hatte ich schon vor mehr als zwanzig Jahren solches Material eingesammelt und in Sublimat fixiert. Für die jetzt vorliegende Untersuchung zeigte sich dasselbe aber im ganzen nicht hinreichend gut; zwar waren einzelne Eier oder Gruppen von Eiern in den Eileitern auffallend schön fixiert, aber die Mehrzahl der Eier erwies sich als geschrumpft oder zytolisiert. Nachdem ich während einiger Monate vergebens bei den Pferdeschlachtern in der Umgegend von Stockholm versucht hatte, die gewünschten Würmer zu bekommen, wandte ich mich an die Kollegen Boveri und Meves mit der Anfrage, ob sie mir gütigst von Ihrem konservierten Material ein wenig zur Verfügung stellen könnten. Beide diese Kollegen waren so liebenswürdig, diesen meinen Wunsch zu erfüllen, und es ist mir sehr angenehm, den genannten Kollegen hier meinen herzlichen Dank auszusprechen. Leider zeigte es sich indessen bald, dass auch dieses Material für meine Zwecke nicht geeignet war, und zwar weder für das Studium der Protoplasmastruktur, noch für die Färbung der Chromosomen mit der Biondimischung; das Material Boveri's war in toto schon mit Karmin gefärbt. Eigentümlicherweise erhielt ich nun ganz gelegentlich vom Koll. Otto Zacharias in Plön die Mitteilung, dass er während der Frühlingsmonate seine Untersuchungen über die Ascariseier wieder aufgenommen, und er hatte die Güte mir einige seiner Präparate zum Geschenk zu schicken; die von ihm angewandte Fixierungsmethode, welche, wie die Färbungsmethode, von ihm selbst erfunden ist, zeigte sich in mehrerer Hinsicht auffallend schön und effektiv, indem in den Präparaten fast jedes Ei ohne Schrumpfung und Zytolyse fixiert worden war. Für meine besonderen Zwecke, das Studium der feineren Protoplasmastruktur und des Verhaltens der Chromosomen zur Biondifärbung, waren jedoch auch diese Präparate nicht speziell geeignet.

Ich erwähne dies alles, um zu betonen, wie schwer es sein kann, für eine geplante Untersuchung das nötige passende Material zu erhalten. Was die Ascariseier betrifft, so ist schon seit lange von den meisten

Spezialisten auf diesem Gebiete hervorgehoben, wie schwierig es ist, dieselben zu fixieren, indem die dicke Eischale so wunderbar resistent und undurchdringlich ist.

Nach den obenerwähnten misslungenen Versuchen, das geeignete Material zu erhalten, blieb mir nichts anderes übrig, als zu meinem eigenen alten Material zurückzukehren. Und in der Tat gelang es mir, in demselben unter den schlecht fixierten Eiern eine Anzahl sehr schön fixierte zu finden, welche es ermöglichten, die geplanten Untersuchungen grösstenteils durchzuführen, obwohl noch einige Stadien fehlten. Dann erfuhr ich noch zu meiner Überraschung, dass mein Freund und Kollege Professor Emil Holmgren in Stockholm ein schönes Ascarismaterial mit zwei mir gerade fehlenden Stadien besitze, und dieses hatte er die Güte, mir zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihm sehr dankbar bin.

Leider fehlten mir aber von den früheren Entwicklungsstadien noch einige, so dass ich hier keine ganz zusammenhängende Serie dieser Periode darzustellen vermag. Infolgedessen fange ich diese Schilderung mit dem Stadium an, wo die Spermie, schon in das Ei eingedrungen, in seiner Mitte liegt und der erste Richtungskörper schon gebildet ist. Die vor diesem Stadium abgelaufene Periode hoffe ich ein anderes Mal, nachdem es mir gelungen ist, das nötige Material zu bekommen, darstellen zu können.

Nach diesen einleitenden Worten über die zu überwindenden Schwierigkeiten, das geeignete Material zu bekommen, und die dadurch entstandene Begrenzung der unten folgenden Darstellung gehe ich zu derselben über.

Bekanntlich hat sich eine ganze Reihe hervorragender Forscher während der letzten Dezennien der Ernierung der bei der Befruchtung und Entwicklung der Eier von Ascaris megalocephala vorsichgehenden Erscheinungen gewidmet. Die Geschichte dieser Forschung ist auch schon wiederholt zum Gegenstand der übersichtlichen Darstellung geworden. Ich kann mich deshalb in dieser Hinsicht darauf beschränken, auf diese Übersichten hinzuweisen und nur die die mir speziell vorliegenden Fragen betreffende Literatur eingehender zu berühren. Durch die bahnbrechenden, umfassenden und in die vorliegenden Probleme tief eindringenden Arbeiten von Ed. Van Beneden, Boveri und Oscar Hertwig hinsichtlich der ersten Ausbildung und der Befruchtung der Geschlechtszellen von Ascaris megalocephala, an welche Arbeiten sich eine ganze Reihe von Untersuchungen anderer Forscher, Nussbaum, Carnoy und Lebrun, O. Zacharias, Brauer, Sala, Zoja, Herla, Moszkowski, zur Strassen, Tretjakoff u. a., anschlossen, ist dies Thema auch mit den neueren technischen Methoden in so vielseitiger und geschickter Weise bearbeitet und erörtert worden, dass man kaum hoffen durfte, nun viel tiefer in dasselbe eindringen zu können, indem die Lösung der noch offenen strittigen Fragen gewiss bedeutende Schwierigkeiten darbietet. Eine Unmange von Beobachtungen und Bemerkungen sind also schon in den Beschreibungen und Abbildungen niedergelegt worden, obwohl die Deutung der Befunde in mancher Beziehung noch mehr oder weniger unsicher und zweifelhaft ist. Die von den Autoren bisher veröffentlichten Figuren sind aber gewöhnlich in so kleinem Massstabe wiedergegeben, dass es oft schwer ist, ihre Bedeutung richtig zu verstehen. Ich habe mich deshalb dafür bestimmt, meine sämtliche Abbildungen, die nach Zeiss' Apochrom. 2 mm, Apert. 1,30 und komp. Okul. 12 ausgeführt worden sind, in noch verdoppelter linearer Vergrösserung wiederzugeben.

Weil die für diese meine Untersuchung in erster Linie bestimmte Aufgabe war, die Veränderungen der Substanz der Chromosomen mittelst der Biondi'schen Färbungsmethode zu verfolgen, sind die meisten meiner Figuren in den betreffenden Farben ausgeführt. Die übrigen Tafeln stellen Präparate dar, welche mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach Heidenhain behandelt worden sind; diese letzteren Tafeln haben den Zweck, einen Vergleich mit den nach Biondischer Färbung dargestellten zu ermöglichen und zugleich einige andere Strukturverhältnisse, v. a. die des Protoplasmas, zu beleuchten.

Ich beginne nun mit der Darstellung der mittelst der *Biondi*färbung erzielten Befunde, welche gerade in den Eiern von Ascaris megalocephala besonders deutlich und schön vorliegen. Viele meiner Präparate dieser Art bieten in der Tat ganz herrliche Bilder dar; wie lange sie die Schönheit ihrer Färbung behalten werden, ist indessen zweifelhaft, und es war deshalb wichtig, eine Auswahl derselben früh abzubilden.

Wie schon oben bemerkt wurde, konnte ich von den *ersten* Stadien der Entwicklung des Ascariseies kein brauchbares, die verschiedenen Phasen dieser Perioden in zusammenhängender Reihe enthaltendes Material bekommen. Ich muss mich deshalb, wie erwähnt, damit begnügen, diese Darstellung mit dem Stadium anzufangen, in welchem *die Spermie schon in das Ei eingedrungen* und in dessen Mitte gelegen ist sowie der erste Richtungskörper beinahe fertig gebildet vorliegt. Von diesem Stadium an stellen aber meine Präparate eine zusammenhängende Reihe von Entwicklungsphasen, und zwar in sehr zahlreicher Menge und in prägnanter Weise, dar. Auf die schon von den früheren Autoren mehr oder weniger ausführlich und genau geschilderten Verhältnisse will ich hier nur insofern

eingehen, als dies für die Darstellung meiner eigenen speziellen Befunde nötig ist. Sonst verweise ich v. a. auf die Arbeiten von E. Van Beneden und Boveri.

Die Bildung der beiden *Richtungskörper* ist in der Tat schon in den Arbeiten dieser Forscher so eingehend dargestellt, dass ich hier nur auf die von mir auf den Taf. VI und XI wiedergegebenen Figuren hinweisen will. In Fig. 27 und 28 der Taf. VI sind *erste* Richtungskörper in ihrer Ausbildung im Spindelstadium nach Biondischer Färbung abgebildet. Man sieht die aus je zwei Hälften bestehende rotgefärbte Spindel mit je vier intensiv blaugrün gefärbten, quer durch die Spindel ziehenden Chromosomstäbchen. Ich will hier sogleich betonen, dass ich mit Tretjakoff und mehreren Autoren jedes von diesen Stäbchen als einen Chromosom betrachte und nicht alle vier zusammen als einen solchen Körper auffasse; in der unten folgenden Darstellung will ich auch dieser Regel folgen. In Fig. 27 sieht man die vier Chromosomen jeder Spindelhälfte ihrer Länge nach, einander aber teilweise deckend, so dass nur die nach oben gelegenen in ihrer ganzen Ausdehung sichtbar sind. In Fig. 28 sind alle die Stäbchen von je einem Ende her und im optischen Durchschnitt zu sehen. Zwischen den Stäbchen sind keine blaugrün gefärbten Brücken nachweisbar. In Fig. 28 findet sich aber zwischen dem der Eioberfläche zunächst gelegenen (äusseren) und dem der Eimitte näheren (inneren) Stäbchenpaar ein heller Raum, durch welchen nur einzelne rotgefärbte Fasern ziehen. Das äussere Stäbchenpaar jeder Spindelhälfte, welches die vier Chromosomen des sich bildenden ersten Richtungskörpers ausmacht, ist eben im Begriff, sich von dem inneren Stäbchenpaar zu trennen und nach der Eioberfläche zu ziehen, um sich als solcher Körper vom Ei abzutrennen. Die Fig. 29—34 stellen sechs schon fertig gebildete und vom Ei abgetrennte erste Richtungskörper, von der Fläche betrachtet, dar; in der Regel liegen sie, wie in den Fig. 29—33, mehr oder weniger parallel nebeneinander angereiht, zuweilen aber auch, wie in Fig. 34, zu je zwei nacheinander; hin und wieder kommen noch andere Variationen in ihrer Lage vor. Allen diesen Stäbchen, die an den Enden gewöhnlich abgerundet und oft etwas verbreitert sind, ist die Eigenschaft gemeinsam, dass sie sich mit der Biondimethode intensiv blaugrün färben und diese Farbe stets behalten. Nachdem der erste Richtungskörper gebildet ist, trennt er sich in der Regel vom Eie ganz ab, und man findet ihn dann der Innenfläche der Kapsel angeheftet; die Fig. 11 und 19 derselben Taf. stellen solche abgetrennte, der äusseren Kapsel angeheftete *erste* Richtungskörper von der Seite her dar; weil sie stark abgeplattet sind, erscheinen sie in dieser Ansicht dünn und lassen ihre vier Stäbchen nicht erkennen; die Fig. 29—34, in denen die Stäbchen so deutlich sichtbar sind, stellen von der äusseren Kapsel abgelöste Richtungskörper von der Fläche betrachtet dar; man trifft in den Präparaten recht oft solche sich ablösende oder schon abgelöste Körper. Auf der Taf. XI sind in Fig. 1, 2 und 3 mit Hämatoxylinfärbung schwarzgefärbte erste Richtungskörper derselben Art wiedergegeben.

Der *zweite Richtungskörper* wird bekannter Weise dadurch gebildet, dass neben der im Ei zurückgebliebenen Hälfte der geteilten Chromosomen des Keimbläschens des Eies und aus der ebenfalls zurückgebliebenen Spindelhälfte eine neue Spindel entsteht, in deren Mittelpartie die vier Chromosomen sich nebeneinander und einander parallel zu zwei Gruppen anordnen, mit je zwei Stäbchen in jeder Hälfte der Spindel. Diese Anordnung, welche z. B. in den Fig. 2, 3 und 7 der Taf. VI deutlich sichtbar ist, ähnelt genau derjenigen der ersten Richtungsspindel, obwohl in dieser letzteren vier Stäbchen statt zwei vorhanden waren. Die Spindel selbst ist in beiden Körpern von übereinstimmender Form und Zusammensetzung, indem sie im ganzen, von den breiteren Flächen betrachtet, »tonnenförmig», von den schmäleren eher spindelförmig (Fig. 7) erscheint, und, schief von der Seite gesehen, sich wie in Fig. 2 zeigt. Im optischen Durchschnitt hat sie bekanntlich eine ovale oder biskuitförmige Gestalt und ist an den beiden verschmälerten Enden wie der Quere nach abgeschnitten, ohne an denselben Zentrosomen und Strahlungen zu besitzen; mir ist es, wie den meisten Forschern auf diesem Gebiete, nicht gelungen, in meinen Präparaten wirkliche Zentrosomen und Protoplasmastrahlungen nachzuweisen. In den beiden, oft durch eine schmale Längsspalte etwas voneinander getrennten Spindelhälften erkennt man eine deutliche Zusammensetzung aus feinen, steifen, aneinander parallel verlaufenden Fasern, welche von einem Ende der Spindel bis zu dem anderen Ende verlaufen und an beiden diesen Endflächen mit je einer ganz kleinen und schwach ausgeprägten knopfförmigen Verdickung in demselben Niveau der betreffenden Endfläche endigen. Diese Fasern färben sich oft durch das Säurefuchsin des Biondigemisches stark rot, so dass man ihren Verlauf deutlich verfolgen kann. Hier und da trifft man solche Spindeln, welche sich durch die Präparation in ihre einzelnen Fasern aufgelöst haben, wie dies in Fig. 4 und 5 der Taf. VI wiedergegeben ist; so auch in Fig. 3.

In allen Biondipräparaten von Richtungskörpern zweiter Ordnung sind, wie in denen der ersten Ordnung, die Chromosomen intensiv *grünblau* gefärbt und treten zwischen den roten Spindelfasern stark hervor. Sie bewahren

auch dieselbe Gestalt wie in den Richtungskörpern der ersten Ordnung und stellen zylindrische, an den Enden abgerundete und hier zuweilen etwas verdickte Stäbchen dar, welche der Quere nach zwischen den roten Spindelfasern die Spindel durchziehen (Fig. 2, 3, 4, 5, 7 der Taf. VI). Von ihren Enden betrachtet, zeigen sie sich bekanntlich als runde Körner oder Kugeln (Fig. 1, 4, 5, 6 der Taf. VI); wenn man aber den Tubus hebt und senkt, erkennt man, dass sie zylindrischen Stäbchen entsprechen (Fig. 1, 4, 5, 6). Betrachtet man nun die rote Spindel mit ihren blaugrünen Chromosomen in der breiten Flächenansicht genauer, so erkennt man (Fig. 2, 7 der Taf. VI) den von den Autoren beschriebenen hellen Zwischenraum zwischen den Chromosomen und die dieselben verbindenden Brücken. Aber ebenso wenig wie an den Richtungskörpern erster Ordnung sieht man hier diese Brücken blaugrün, sondern *rot* gefärbt. Sie bestehen also kaum aus Chromatin (resp. Nuklein), sondern wie von einigen Autoren angenommen wurde, eher aus Linin; man kann von solchen Brücken in jeder Spindelhälfte etwa 5—6 zählen; zwischen diesen dünnen Brücken sieht man ganz helle ungefärbte blasenartige kleine Räume.

Als nun in der folgenden Entwicklung die äusseren und inneren Chromosomenpaare auseinander gezogen werden, und die beiden äusseren nach dem äusseren, die beiden inneren nach dem inneren Spindelpol hin wandern, wird dieser helle, von den roten Brückenfasern durchzogene Zwischenraum immerfort vergrössert (Fig. 8 und 9 der Taf. VI) und die Brückenfasern werden verlängert, bis sie kaum mehr sichtbar sind. Von den vom inneren zum äusseren Spindelpol ziehenden eigentlichen Spindelfasern bemerkt man dann nur die mehr peripheren; die zentral gelegenen dagegen reichen nur von dem betreffenden Pol bis zu den angrenzenden Stäbchen (Fig. 7, 8 und 9 der Taf. VI), weshalb es den Anschein in der Tat erhält, als ob die Stäbchen, wie es von mehreren Forschern angenommen wurde, durch die Fasern zu dem entsprechenden Pol gezogen werden. Eine wirkliche Anheftung der Fasern an den Stäbchen vermochte ich jedoch nie nachzuweisen; vielmehr sah ich diese in deutlichen Bildern nur zwischen den Fasern eingebettet. Ebensowenig wie an den Richtungskörpern erster Ordnung sah ich an denjenigen zweiter Ordnung an den Polen Zentrosomen und Strahlungen im Protoplasma. Man scheint zuweilen daran gedacht zu haben, die oft etwas verdickten und sich etwas stärker färbenden inneren und äusseren Enden der Spindelfasern als Zentralkörperchen aufzufassen; ich stimme aber in der Ansicht derjenigen Autoren, welche dies nicht annehmen, ein. Zwar können in Eisenalaun-Hämatoxylin-Präparaten (Fig. 1, 4 der Taf. XI) an den Spindelpolen diese Enden der Fasern als dunkle Körner erscheinen; bei genauer Betrachtung erkennt man jedoch, dass sie nur den eigentlichen Faserenden entsprechen. In diesen letzteren Präparaten sieht man auch, wenn sie gut differenziert sind, dass die genannten Brücken zwischen den Chromosomenpaaren nicht durch Hämatoxylin gefärbt, sondern hell oder, wenn Eosin zugleich angewandt worden ist, rötlich gefärbt sind (Fig. 5 der Taf. XI).

Indem sich die beiden Chromosomenpaare des Richtungskörpers zweiter Ordnung immer mehr voneinander trennen (Fig. 11 und 12 der Taf. VI), erreichen sie zuletzt je ihren Pol der Spindel; das äussere Paar kommt dabei bis zur Eioberfläche, und diese erhebt sich zugleich zu einem kleinen Hügel, in den das äussere Chromosomenpaar, welches wohl den Anstoss zur Bildung des Hügels gab, eintritt. Dann wächst immer mehr dieser Hügel und breitet sich nach den Seiten aus, so dass er wie ein Pilz an der Oberfläche des Eies sitzt (Fig. 13 der Taf. VI), in dessen Hut das äussere Chromosomenpaar liegt, und zwar von einer nur ganz geringen Menge von Zellsubstanz umgeben; diese Substanzpartie scheint mir eigentlich aus der den so stark vergrösserten Zwischenraum zwischen den beiden Chromosomenpaaren ausfüllenden, wohl aus dem Keimbläschen stammenden Kernsubstanz zu bestehen, welche in die Spindel eingetreten zu sein scheint; dagegen bemerkt man um das in der genannten Hinausstülpung befindlichen Chromosom herum kein wirkliches Protoplasma; falls eine solche Substanz in der Tat in die Ausstülpung eindringt, muss es in sehr minimaler Menge geschehen. Dagegen wird diese Ausstülpung stets von einer Partie der Obeflächenschicht des Eies umgeben; diese hautartig verdickte Schicht schnürt sich dann immer mehr ab, und bald ist die ganze Ausstülpung vollständig vom Eie abgetrennt, obwohl sie fortwährend als ein kleiner, abgeplatteter Kuchen der Eioberfläche anliegt. *Nun ist der zweite Richtungskörper fertig gebildet* und enthält das äussere Chromosomenpaar, welches immerfort seine *blaugrüne* Farbe behält (Fig. 15, 18, 19 etc. der Taf. VI, im Vertikalschnitt durch die Eioberfläche gesehen; Fig. 14 derselben Tafel stellt es in der Flächenansicht dar).

Ich habe diesen Prozess der Bildung des zweiten Richtungskörpers bei Ascaris etwas eingehender dargestellt, weil ich von demselben viele schöne Präparate hatte und einen Vergleich mit dem entsprechenden Prozess bei Asterias zu machen wünschte. Dass dieser Prozess bei der Bildung des ersten Richtungskörpers bei Ascaris in gleicher Weise vorsichgeht, liegt auf der Hand, obwohl bei diesem zwei Paar Chromosomenstäbchen in den Körper hineintreten.

Ich gehe jetzt zu der Darstellung des Verhaltens der *im Ei zurückgebliebenen Hälfte der zweiten Richtungs-*

körper-Spindel und ihres inneren Chromosomenpaares, dessen beide Stäbchen ihre blaugrüne Farbe bisher unverändert behalten haben, über. Aus diesen beiden Chromosomen soll nun der wichtigste Teil des zu befruchtenden reifen Eies, der *Eikern*, gebildet werden. Wie vor allem Boveri eingehend geschildert hat, entsteht bald um dieselben ein kleiner heller Raum, welcher ringsum von einer dünnen Membran begrenzt wird; die beiden Chromosomen liegen dann, in der Regel voneinander getrennt, an jedem Ende dieser Blase, der Wandung derselben angelehnt. In meinen Biondipräparaten kann man ihr Verhalten genau verfolgen. In den Fig. 15, 16, 17, 18 und 19 der Taf. VI sieht man sie als zwei blaugrüne, oft etwas gebogene, kurze Stäbchen, welche, wie Boveri u. a. angeben, gewöhnlich weit voneinander getrennt, zuweilen jedoch auch einander genähert (Fig. 17 und 19), in der hellen, rundlich-ovalen oder auch unregelmässig gestalteten (Fig. 17) Blase liegen. Die Biondipräparate zeigen nun, dass bald um die blaugrünen Stäbchen rote, gekörnte, verzweigte Fasern entstehen, welche sich immerfort vermehren (Fig. 15—17 der Taf. VI) und Brückenfasern zwischen den Stäbchen selbst sowie zwischen ihnen und der Wandung der Blase bilden. Die Blase vergrössert sich immer mehr. Sie liegt noch nahe an und nach innen von dem zweiten Richtungskörper, und man bemerkt zuweilen im Eiprotoplasma noch undeutliche Reste der Spindelmasse (Fig. 15 und 17). Die blaugrünen Stäbchen verschmälern sich allmählich und *erbleichen*, während die roten Stränge sich vermehren. In den Fig. 1, 2, 3, 4 der Taf. VII sind einige solche Stadien wiedergegeben, in denen auch der während derselben Zeit weiter entwickelte Spermiekern sich mehr und mehr dem Eikern genähert hat. In Fig. 1 dieser Tafel bemerkt man aber in der Nähe der Eioberfläche zwei Kerne, welche offenbar beide dem Eikern entsprechen. Es kommt nämlich nicht gerade selten vor, dass statt eines Eikerns zwei solche mit je einem Chromosomstäbchen entstehen. Es lässt sich diese Tatsache dadurch erklären, dass in diesen Fällen jedes Stäbchen von einer besonderen Blase umgeben worden ist, und dass diese Blasen sich nicht vereinigt haben, sondern fortwährend getrennt blieben; auch in den folgenden Stadien trifft man solche Eikerne, die noch aus zwei getrennten Blasen bestehen. Es ist sogar möglich, dass eigentlich von Anfang an stets um jedes Stäbchen zuerst eine Blase entsteht, obwohl diese Blasen gewöhnlich ganz früh sich vereinigen, wie dies auch bei den Chromosomenstäbchen des zweiten Richtungskörpers zu finden ist. In der Fig. 7 der Taf. XI habe ich einen solchen Fall wiedergegeben, wo die beiden Chromosomenpaare sich in dieser Weise verhalten; und in Fig. 6 derselben Tafel sind ebenfalls die beiden Chromosomen des zweiten Richtungskörpers von je einer Blasenwandung umschlossen.

Schliesslich *verschwinden die blaugrünen Chromosomenstäbchen* vollständig im Eikern, und das rote Faserwerk vermehrt sich, wobei gewöhnlich in demselben noch einige kleinere blaugrüne Körner sichtbar sind. Schliesslich ist aber diese Farbe ganz verschwunden, und nur ein *rotes*, gekörntes Faserwerk lässt sich mit der Biondifärbung im Eikern nachweisen (Fig. 5 der Taf. VII). Gewöhnlich findet sich aber, wie diese Figur zeigt, in ihm noch eine etwas grössere Kugel, welche wohl als eine Art von Nucleolus zu betrachten ist. Der Eikern ist in dieser Weise in ein »*Ruhestadium*« eingetreten, das, wie es scheint, eine längere Zeit anhält. Man findet nämlich in den Präparaten dieses Stadiums auffallend oft, und zwar von sehr vielen Eiern, vertreten.

Nachdem ich also das *Keimbläschen* des Eies durch die Phasen der Abgabe der Richtungskörper bis zu dem Stadium des *Eikerns* in der ersten Ruhe verfolgt und hierbei ganz besonders die Veränderungen in der Form und Färbbarkeit der Chromosomen studiert habe, kehre ich nun zu dem Verhalten der eingedrungenen *Spermie* zurück, welche während der grössten Phase dieser Zeit still in der Mitte des Eies gelegen hat.

Die reifen konischen oder birnförmigen Spermien von Ascaris megalocephala bestehen bekanntlich aus drei ineinander geschachtelten Partien: einem protoplasmatischen Körper und zwei in denselben eingelagerten Teilen, dem verhältnismässig kleinen, kugeligen oder ovalen Kern und dem konischen sogenannten Glanzkörper, welcher etwa drei Viertel der ganzen Spermie einnimmt. Im Biondigemisch (Fig. 23 der Taf. VI) färbt sich der Kern intensiv *blaugrün* mit ausgesprochenem Überwiegen der *grünen* Farbe, die also stark auf Nuklein hindeutet. Der Glanzkörper färbt sich klar und rein himmelblau, was vielleicht eine Mischung von Nuklein und Eiweiss andeuten dürfte. Die Protoplasmasubstanz nimmt die rote Farbe auf; in ihr erkennt man eine bedeutende Anzahl von relativ grossen, etwas glänzenden Körnern, welche die Partie der Spermie, in welcher der Kern liegt, einnehmen; die Protoplasmasubstanz bildet aber auch bekanntlich eine dünnere, sich rotfärbende Hülle ringsum den Glanzkörper, welche auch die Spitze der Spermie ausmacht; in dieser Hülle sind gewöhnlich nur kleinere Körner vorhanden. Der Glanzkörper, welcher aus einer weichen, halbfesten, strukturlosen Substanz besteht und in seiner konischen Gestalt offenbar durch die äussere, protoplasmatische Hülle bestimmt wird, zerfällt zuweilen in zwei oder mehrere Stücke, welche dann als kuglige Tropfen verschiedener Grösse erscheinen (Fig. 24 der Taf. VI). Wenn man bei der Präparation den ganzen Glanzkörper aus der Spermie isoliert bekommt, nimmt er eine ganz kuglige Gestalt an.

In manchen von den Spermien, die man im Uteruskanal massenhaft antrifft, fehlt der Glanzkörper; es scheint, als ob dieser Körper aus jenen Spermien durch äussere Einwirkung irgendwelcher Art ausgetreten sei. In dem Spermiekern selbst bemerkt man keine Struktur, höchstens zuweilen eine Andeutung zu einer Zusammensetzung aus zwei Abteilungen.

Wenn nun die in dieser Weise zusammengesetzte Spermie in das Ei hineingedrungen ist und in dessen Mitte ihren Platz eingenommen hat, treten bekanntlich bald in ihr Veränderungen ein. Ihre protoplasmatische Hülle verliert die starke Begrenzung; vor allem gilt dies der stark gekörnten Protoplasmapartie, welche den Kern umhüllt. In den Biondipräparaten findet man diese Partie sich allmählich als *rot* gefärbte Körner in unregelmässig geformten, verästelten Strahlungen in dem umgebenden Eiprotoplasma ausbreiten (Taf. VI, Fig. 10, 11, 12, 20, 21, 25, 26). Die betreffenden Spermiekörner sind, wie mehrere Autoren, und ganz besonders die Gebrüder Zoja sowie Meves, betont haben, auffallend grösser als die Körner im umgebenden Eiprotoplasma und sind von den letzteren sowohl hierdurch als durch ihre stärkere rote Farbe in den Biondipräparaten leicht unterscheidbar. Aber auch die den Glanzkörper umgebende Hülle (Fig. 25 der Taf. VI) löst sich in dieser Weise körnig auf und distribuiert sich nach den Seiten hin. Der Glanzkörper nimmt hierbei, wenn noch vorhanden, eine kuglige Gestalt an und liegt in den Biondipräparaten als eine dunkel himmelblaue, stets scharf begrenzte, grosse Kugel noch in der Nähe des grünen Spermiekerns von der roten Körnerzone umgeben (Taf. VI, Fig, 25). Zuweilen tritt der Glanzkörper aber auch, vielleicht in Folge von Druck bei der Präparation, aus seiner ursprünglichen Lage heraus und lässt sich dann entweder unweit des Spermiekerns (Taf. VI, Fig. 10), oder weiter von ihm ab (Fig. 26 ders. Taf.), im Eiprotoplasma wiederfinden; zuweilen kann er sogar bis an die Nähe der Oberfläche des Eies gedrungen sein.

Der Spermiekern zeigt anfangs keine merkbaren Veränderungen oder Umgestaltungen. Allmählich tritt aber immer deutlicher die Zusammensetzung desselben aus zwei Stücken von etwa gleicher Grösse und Gestalt hervor (Fig 10, 20, 25 der Taf. VI), und schliesslich lässt sich bei geeigneter Lage nachweisen, dass der Kern aus zwei, gewöhnlich etwas gebogenen, zylindrischen Stäbchen (Fig. 26 der Taf. VI) besteht, welche ungefähr dieselbe Grösse und Form haben, wie die des Eikerns. In anderen Fällen und bei anderen Lagen erscheint der Kern als ein unregelmässiger, knotiger Klumpen (Fig. 12 der Taf. VI). Stets behält aber in den Biondipräparaten der Spermiekern während dieser ganzen Periode seine intensiv *blaugrüne* oder sogar grüne Farbe bei.

Wenn man nun mit diesen Bildern die nach der Färbung mit Eisenalaun-Hämatoxylin-Eosin erhaltenen vergleicht, so findet man (Taf. XI, Fig. 19, 20, 21), dass diese hiermit übereinstimmende Verhältnisse, obwohl in schwarzer und roter Färbung, darbieten; man bekommt aber eine interessante Differenz in der protoplasmatischen Substanz der Spermie, wenn man die Abfärbung des Hämatoxylins nicht zu weit treibt; es bildet sich um den Kern eine innere *schwärzliche* Körnerzone mit ziemlich scharfer Begrenzung nach aussen hin (Fig., 20, 21 der Taf. XI), und nach aussen von dieser Zone findet man eine andere, ebenfalls gelappte Zone von *rot* gefärbten Körnern; die schwärzliche, noch vom Hämatoxylin besonders gefärbte Zone stammt offenbar von der um den Kern gelegenen Partie grösserer Körner (Fig. 19 ders. Tafel) her. Der Spermiekern färbt sich in diesen Präparaten ganz dunkelschwarz ohne weitere Struktur; man sieht ihn aber auch hier oft aus zwei Stücken zusammengesetzt. Der Glanzkörper erscheint in den früheren Stadien der Umwandlung als ein kugliger heller Körper in dem von der protoplasmatischen Hülle umgebenen Raum (Fig. 19 der Taf. XI).

Wenn man dann in den *Biondi*präparaten die weitere Ausbildung des Spermiekerns verfolgt, so findet man, wie in der Fig. 21 der Taf. VI wiedergegeben ist, die zwei noch blaugrün gefärbten Stäbchen voneinander getrennt in einem kleinen, hellen Blasenraum gelegen; und in diesem Raum sind ausserdem rot sich färbende Körner und Netze entstanden. Die von einer dünnen Hülle umgebene Blase wächst immer mehr; die blaugrünen Chromosomen-Stäbchen zerfallen in kleinere Stücke, welche allmählich *hellblau* werden, und zugleich vermehrt sich die sich *rot* färbende Substanz. Der Kern liegt noch an seinem früheren Platz in der Mitte des Eies und von der roten, nach aussen stark verästelten Körnerzone umgeben (Fig. 22 der Taf. VI). In dieser Lage kann er noch einige Zeit bleiben. Nachdem er aber zu einer grösseren Kugel angewachsen ist, tritt er gewöhnlich bald aus seiner eigenen Spermiesubstanz in das Eiprotoplasma hinaus, indem er sich der Partie des Eies nähert, wo der Eikern gelegen ist, und den Rest seiner roten Körnerzone verlässt, welche nunmehr halbring- oder hufeisenförmig neben oder hinter ihm zurückbleibt, oder ihm auch auf seiner Wanderung folgt (Fig. 1, 2, 3 der Taf. VII). Während dieser Periode *schwindet* in dem Spermiekern immer mehr die sich *blaugrün* färbende Substanz, und zwar bald etwas früher (Fig. 1, 3), bald etwas später (Fig. 2); die sich *rot* färbende Substanz, oft mit etwas grös-

seren, nukleolenartigen Körnern versehen (Fig. 3), tritt an ihre Stelle in dem im übrigen hellen, ungefärbten Raum der nunmehr grossen Spermiekernkugel.

Der Eikern, welcher, wie oben beschrieben wurde, bald früher, bald etwas später, ganz ähnliche Veränderungen durchgemacht hat, und der Spermiekern liegen nunmehr nebeneinander, gewöhnlich nur durch eine kleine Protoplasmasubstanz getrennt. In den Hämatoxylinpräparaten kann man die entsprechenden Veränderungen der Kerne wahrnehmen; hier lässt sich aber kein sicherer Unterschied zwischen den in den Biondipräparaten sich so schön und charakteristisch färbenden *blaugrünen* und *rot* färbenden Substanzen nachweisen. Bei starker Hämatoxylinfärbung treten Stäbchen, Körner und Netze sämtlich *schwarz* und schwarzgrau hervor, und von dieser Färbung sind bei weiterer Differenziation in der Eisenalaunlösung alle Übergänge bis zur vollständigen Abfärbung, wobei die rote Eosinfärbung der Körner und Netze eintritt, zu erhalten möglich. In Fig. 9 und 10 der Taf. XI sind zwei solche Spermiekerne wiedergegeben. Der Rest der starkgekörnten Protoplasmasubstanz des Spermiekörpers bleibt in solchen Präparaten gewöhnlich noch als ein schwarzgefärbter Halbring neben dem Spermiekern (Fig. 9 der Taf. XI) zurück. Die Biondipräparate haben auch hier für die vorliegenden Probleme durch ihre scharfe Differenzierung der verschiedenen Stadien in den Veränderungen der Chromosomensubstanz einen besonderen Vorzug.

Nun tritt eine Periode der beiden nebeneinander liegenden Kerne ein, während welcher sie in den Biondipräparaten keine Spuren mehr von sich blaugrün färbender Substanz darbieten. Alles Geformte in ihnen färbt sich nur *rot*. Die Fig. 5 der Taf. VII gibt in prägnanter Weise dieses Stadium wieder. In beiden Kernen sieht man dünne, rote, gekörnte Stränge in verschiedenen Richtungen durch den hellen Kernsaftraum ziehen, und im Eikern bemerkt man noch dazu einen etwas grösseren roten, kugelförmigen, nukleolusartigen Körper. Aller Wahrscheinlichkeit nach dauert diese Periode der beiden Kerne ziemlich lange und bildet eine Art *Ruhestadium*. Man trifft nämlich in grösseren Partien des Uteruskanals die Kerne in diesem Stadium in zahlreicher Menge an. In der Nähe des Spermiekerns liegt oft ein kleiner, roter, ovaler Körper von der in Fig. 5 der Taf. VII wiedergegebenen Form; derselbe stellt vielleicht einen Rest des Glanzkörpers dar; seine mehr homogene Beschaffenheit deutet nicht darauf, dass er aus der Protoplasmasubstanz des Spermiekörpers stammt. Diese Substanz hat sich schon in das Protoplasma des Eies distribuiert und lässt sich nicht mehr mit einiger Sicherheit in demselben nachweisen.

Nun fängt aber allmählich eine neue Periode an. In den Biondipräparaten lässt sich diese Periode ganz besonders schön nachweisen und verfolgen. In den beiden Kernen tritt nämlich die sich *blaugrün färbende Substanz* von neuem auf, und zwar zuerst mit zerstreuten, blaugrünen Körnern in den roten Strängen; sie vermehren sich allmählich und bilden dann mehr zusammenhängende Partien in diesen Strängen, während die rot sich färbende Substanz sich vermindert. Die Fig. 6, 7 und 8 der Taf. VII stellen Beispiele dieses Stadiums dar. Zugleich erscheint aber noch eine Bildung, und zwar im Eiprotoplasma in der nächsten Umgebung der beiden Kerne, gewöhnlich in einem Winkel zwischen ihnen. Es ist dies die stark rot sich färbende Zentrosphäre, mit einem verhältnismässig grossen, stark roten Zentralkörper in der Mittelpartie und einer nur schwach hervortretenden Strahlung in der Peripherie. Die Fig. 6 stellt diese Bildung dar; die Zentrosphäre schiebt bald zwischen die beiden Kerne einen Fortsatz hinein. Nach einiger Zeit teilt sich diese Bildung, wie E. Van Beneden und Boveri dies zuerst beschrieben haben, in zwei Bildungen derselben Art. Es tritt diese merkwürdige Erscheinung noch deutlicher und prägnanter in den Hämatoxylinpräparaten hervor. In Fig. 12, 13, und 16 der Taf. XI sind drei frühe Phasen dieser Teilung abgebildet. Der schwarz gefärbte Zentralkörper teilt sich zuerst in zwei kleine Körner, und die Zentrosphäre teilt sich zugleich oder sehr bald danach, indem sie sich in die Breite auszieht und allmählich sich in zwei Zentrosphären abschnürt und teilt, wobei die schwach entwickelte Strahlung auch sich teilt und mitfolgt. Die Zentralkörper scheinen sich nun in der Tat, wie die Zentrosphären im ganzen, zu vergrössern, wie Boveri dies geschildert hat; sie trennen sich dann ganz voneinander ab und legen sich einander gegenüber in die Winkel zwischen den beiden zusammengelagerten Kernen, wie die Fig. 11, 15, 17 und 18 der Taf. XI zeigen. Von nun an lässt sich in der Regel nicht entscheiden, welcher von den beiden Kernen der Eikern und der Spermiekern ist; nur in einzelnen Fällen erkennt man den Spermiekern an einem noch vorhandenen, in seiner Nähe befindlichen Rest des Spermiekörpers. In den mit Hämatoxylin gefärbten Präparaten sieht man in den beiden Kernen die anfangs sehr feinen körnigen Stränge und Geflechte sich zu immer dickeren, gebogenen Bändern umwandeln (Fig. 16, 14, 13, 12, 11, 15, 17, 18 der Taf. XI), welche sich allmählich zu kürzeren, aber noch mehr oder weniger körnig zusammengesetzten Bildungen zusammenziehen; durch die Hämatoxylinfarbe werden sie schwarz oder dunkelgrau gefärbt; die rote Eosinfarbe wirkt in den Präparaten, falls sie nicht zu stark durch das Eisenalaun abgefärbt worden sind, nur auf die feinsten Netzfasern.

In den *Biondi*präparaten erkennt man dagegen, wie schon oben betont wurde, dass alle die dickeren Stränge in den Kernen eine intensiv *blaugrüne* Farbe annehmen und sich als echte *Chromosomenbänder* erweisen (Fig. 8, 9 und 10 der Taf. VII und Fig. 1 und 2 der Taf. VIII). Die rot sich färbenden Elemente vermindern sich gleichzeitig hiermit immer mehr, und zuletzt bleiben nur äusserst fein punktierte, körnige Netze zurück, welche diese Farbe annehmen (Fig. 1 und 2 der Taf. VIII). In wieweit diese roten Netzfasern natürlich sind oder von den Fixiermitteln herrühren, ist schwer zu entscheiden. In diesen Präparaten lassen sich auch die Entstehung und die Ausbildung resp. Teilung der Zentrosphären kontrollieren und verfolgen. In Fig. 1 der Taf. VIII sieht man also die eben geschehene Teilung der Zentralkörper, welche indessen hier schon relativ gross erscheinen. In Fig. 8 der Taf. VII sind die beiden Zentrosphären im Begriffe, sich voneinander zu trennen. In den Fig. 2, 3 und 4 der Taf. VIII sind diese Bildungen schon voneinander getrennt und auf dem Wege zu ihren schliesslichen Plätzen. Bei dieser Färbung erscheinen nun ihre zentralen Teile gewöhnlich gross und stark rot gefärbt; ob diese grossen roten Kugeln wirklich den eigentlichen Zentralkörpern in ihrer Totalität entsprechen, kann ich nicht entscheiden; jedenfalls enthalten sie aber diese Elemente.

Die beiden Kerne, der Spermiekern und der Eikern, sind in der obenbeschriebenen Ausbildung ihrer Chromatinelemente in der Regel ziemlich gleichzeitig. Zuweilen scheint jedoch bald der eine, bald der andere dem Kameraden etwas vorauszueilen, wie z. B. bei den in Fig. 3 der Taf. VII abgebildeten. Die Grösse der beiden Kerne ist zuweilen ungefähr dieselbe, wie bei den in Fig. 4, 5, 10 der Taf. VII, Fig. 2 der Taf. VIII wiedergegebenen Kernpaaren. Oft differiert aber die Grösse, und sie kann in einzelnen Fällen recht bedeutend sein (Fig. 6, 8, 9 der Taf. VII). Man bekommt hierbei den Eindruck, als ob in diesen Fällen der Spermiekern gewöhnlich, obwohl nicht immer, der grössere sei.

Nachdem die Chromosomenbänder sich schon stark entwickelt haben, legen sich die beiden Kerne ganz dicht zusammen und platten sich gegeneinander ab (Fig. 9 der Taf. VII, Fig. 2 der Taf. VIII). In einzelnen Fällen können sie schon dann miteinander verschmelzen; in der Regel bleiben sie aber, wie längst durch die Forschungen von E. Van Beneden, Boveri u. a. bekannt ist, noch voneinander getrennt, indem jeder Kern noch seine Kernmembran behält. In der Tat kann aber auch bei diesem Tier, wie Nussbaum, Carnoy, Zacharias u. a. nachgewiesen haben, in einzelnen Fällen eine Verschmelzung der beiden Kerne recht früh geschehen (Fig. 16 der Taf. XI). Wie oben erwähnt wurde, kann aber auch der Eikern von Anfang an und fortwährend in zwei kleinere Kerne geteilt sein, und dieser Zustand kann in der weiteren Ausbildung sogar noch lange bestehen (Fig. 14 der Taf. XI); es liegen dann drei Kerne um die Zentrosphäre zusammen; wie sich solche Kerne bei der späteren Entwicklung, resp. Verschmelzung, verhalten, vermag ich nicht festzustellen; vermutlich kann aber eine solche Verschmelzung durch eine totale Abgabe der Kernmembranen zuletzt geschehen.

Wie oben erwähnt, legen sich die beiden in normaler Weise ausgebildeten Kerne dicht aneinander, und an den beiden Polen ihrer Berührungsflächen befinden sich die zwei Zentrosphären, wie dies in den Fig. 17 und 18 der Taf. XI wiedergegeben ist. Man erkennt hier, dass in jedem Kern zwei in verschiedener Richtung und Weise schlingernde Chromosomen vorhanden sind. An solchen, mit Hämatoxylin gefärbten Kernpaaren bemerkt man noch das Vorhandensein der Kernmembranen, besonders in dem äusseren Umkreise. In dem in Fig. 18 abgebildeten Paar findet man indessen am inneren Umfang schon ein Undeutlichwerden ihrer Membranen.

Im nächsten Stadium lösen sich die Membranen auf, und die Chromosomenpaare der beiden Kerne, sowohl des Eikerns als des Spermiekerns, liegen von nun an in einer Substanz, welche von dem Eiprotoplasma nicht scharf und bestimmt abgetrennt ist. In Fig. 3 der Taf. VIII findet man die beiden Kerne mit ihren blaugrün gefärbten gewundenen Chromosomenpaaren noch mit geschrumpften Membranen versehen. In Fig. 4 ders. Tafel sind aber diese Membranen verschwunden und aufgelöst, obwohl die Zentrosphären ihre schliessliche Lage noch nicht eingenommen haben. Die Zeit für die Auflösung der Kernmembranen kann offenbar etwas variieren.

Das nächste Stadium stellt nun das Auftreten der Spindel zwischen den beiden Zentrosphären, das sogenannte *Spindelstadium* der Mitose, dar. Dieses schöne Stadium, welches aus den Hämatoxylinpräparaten v. a. durch die Fig. 1, 2 und 4 der Taf. XII und aus den Biondipräparaten durch die Fig. 5—8 der Taf. VIII vertreten ist, zeigt bekanntlich die beiden aus dem Eikern und die beiden aus dem Spermiekern stammenden Chromosomenstäbe nebeneinander in der Äquatorialplatte flach ausgebreitet. Aus ihrer Lage und Gestalt lässt sich nicht sicher nachweisen, aus welchem der beiden Kerne die einzelnen Chromosomen stammen. In der Seitenansicht der Spindel erscheinen die vier Chromosomen in der Regel als ein in ihrer Mitte quer verlaufender Streifen, in welchem die einzelnen Chromosomen nicht deutlich, oder jedenfalls nur teilweise, sichtbar sind. Nur in seltenen Fällen kann

man sie, wie in der Fig. 1 der Taf. XII, an einem Schnitte als getrennte kleinere Stücke der vier Chromosomen nachweisen. Zuweilen lassen sie sich aber in schwach schiefer Ansicht der Spindel perspektivisch teilweise überblicken, wie in Fig. 5 der Taf, VIII. In der Regel sieht man sie wie in Fig. 6 ders. Tafel. In stark perspektivischer Lage, wie in Fig. 9 der Taf. VIII, lassen sie sich jedoch zuweilen in ihrer besonders oft vorkommenden Gestalt und Lage nachweisen; alle vier sind hier an ihrer Mitte winklig gebogen und kehren diese Biegungen nach innen gegen die Achse der Spindel. Vor allem lässt sich aber die Anordnung und Form an solchen Schnitten der Spindel überblicken, welche quer durch dieselbe in der Äquatorialplatte treffen, wie die Fig. 4 der Taf. XII und die Fig. 7 und 8 der Taf. VIII diese Ansicht wiedergeben. Die Form und die Anordnung der Chromosomen können in mancher Weise variieren; die hier abgebildeten Eier sind also nur einige Beispiele dieser Formation. Von anderen Autoren sind auch schon längst eine grosse Anzahl von derartigen Variationen, obwohl in ganz kleinem Massstab, wiedergegeben; ich will mich deshalb auf diese Sache nicht weiter einlassen, sondern nur betonen, dass diese vier Chromosomen in der Äquatorialplatte immer in prägnanter Weise in den Biondipräparaten ihre *blaugrüne* Farbe behalten; diese so gefärbten Bilder sind deshalb sehr schön und charakteristisch.

Bald trifft nun die *Längsspaltung* dieser vier Chromosomen ein. In der Fig. 8 der Taf. VIII ist sie schon deutlich angelegt; ebenso in Fig. 2 der Taf. XII. Nach geschehener Spaltung tritt in bekannter Weise je eine Hälfte der geteilten Chromosomen nach je einem Pol der Spindel, und sie behalten in den Biondipräparaten hierbei ihre intensive *blaugrüne* Farbe (Fig. 10 und 11 der Taf. VIII, Fig. 1 und 2 der Taf. IX).

Bald verändern sich aber wieder die Verhältnisse. Nachdem die Hälften der gespaltenen Chromosomen je ihren Pol der Spindel erreicht haben, beginnen sie bald in eine Menge kleiner Stücke zu zerfallen. In den Fig. 7, 8, 9, 10 der Taf. XII erkennt man diesen Zerfall in schwarzgefärbte Körner sehr deutlich; in Fig. 7 ist derselbe schon im Begriffe einzutreten, indem die Chromosomen hier knotig erscheinen; in den Fig. 8, 9 und 10 ist aus ihnen eine Menge von Körnern gebildet.

Wenn man nun die entsprechenden Phasen in den Biondipräparaten aufsucht, so findet man (Fig. 3 und 4 der Taf. IX), dass die Körner, in welche die vier gespaltenen Chromosomenschlingen sich aufgelöst haben, zwar noch eine *blaugrüne* Farbe behalten, aber jedenfalls nicht so intensiv und ausgesprochen, sondern schon in einer *bleicheren* Nuance. Die achromatische Spindelsubstanz zeigt bei dieser Färbung nur eine schwach rote Farbe mit mehr oder weniger deutlicher rötlicher Streifung von Pol nach Pol. Wenn die beiden gespaltenen Chromosomengruppen voneinander nach den Polen abziehen, erscheint die zwischen ihnen liegende Partie (Fig. 1, 2 der Taf. IX) sehr hell, die nach aussen von ihnen befindlichen, den Zentrosphären zugekehrten Teile der Spindel sind gewöhnlich stärker rot gefärbt, was auch hier auf ein Zusammenziehen von achromatischen Spindelfasern hindeutet (Fig. 1, 2, 3 der Taf. IX und Fig. 10, 11 der Taf. VIII). Bei der gleichzeitig mit diesen Veränderungen in der Kernsubstanz auftretenden und bald vorsichgehenden Abschnürung und Teilung des Eikörpers wird die zurückgebliebene mittlere achromatische Spindelpartie von ihrer früheren, rundlich elliptischen Form in eine verlängerte und länglich elliptische Gestalt ausgezogen und schliesslich in eine zuerst zylindrische und dann von den Seiten immer mehr eingekniffene und eingeschnürte Form verändert (Taf. XII, Fig. 5, 8; Taf. IX, Fig. 1, 2, 3, 4), um dann zu verschwinden.

Die beiden im Biondigemisch noch *blaugrün* zu färbenden Chromosomenkörnerhaufen des sich also teilenden Eikörpers, welche in je einer hellen achromatischen Substanz liegen (Fig. 3, 4 der Taf. IX), zeigen oft noch einige nach der Teilungsebene hin mehr oder weniger weit sich erstreckende Arme (Fig. 9, 10 der Taf. XII), in welchen auch Körner liegen. Nun tritt aber in diesen beiden Körnerhaufen eine bedeutsame Veränderung ein. Die Haufen schnüren sich zu einigen, gewöhnlich ungleich grossen Blasen ab, welche sich zugleich mit je einer dünnen Haut umgeben; es scheint, als ob diese Blasen den früheren Chromosomenschlingen entsprechen, was ja auch mit den ähnlichen Befunden bei der Eiteilung anderer Tiere übereinstimmt, obwohl, wie in den früheren Körnerhaufen, wie sie in Fig. 4 der Taf. IX vorliegen, eine Trennung in je vier Gruppen nicht nachweisbar ist.

Bei diesem Übergang zu getrennten Blasen *schwindet allmählich* auch die *blaugrüne* Färbbarkeit der Körner im Biondigemisch, indem anfangs einzelne Körner noch diese Farbe annehmen (Fig. 5 der Taf. IX), die meisten aber *rot* werden. Bald schwindet aber die blaugrüne Färbbarkeit vollständig, und alle Körner in den Chromosomenbläschen werden stark *rot.* Dann verschmelzen die einzelnen Blasen miteinander; anfangs hängen sie noch schlauchartig miteinander zusammen, wie in der Fig. 6 der Taf. IX, oder zwei bis drei vereinigen sich zu einer grösseren Blase, während die vierte noch abgetrennt bleibt (Fig. 5 der Taf. IX, oben). Bald fliessen sie aber alle in jeder Eihälfte zu einem einzigen Schlauch zusammen, an dem man in sehr vielen Fällen noch bis vier kürzere

oder längere Arme bemerkt, die sich nach der früheren Teilungsebene erstrecken (Fig. 7 der Taf. IX; Fig. 4 der Taf. XIII). In diesem Stadium des geteilten Kerns, welches offenbar einem echten »Ruhestadium« entspricht, sind die noch dünnen, netzartigen Stränge im »Kernsaft« samt ihren in diesen aufgehängten Körnern nach der Behandlung mit dem Biondigemisch sämtlich intensiv *dunkel rot:* die roten Stränge und Körner erstrecken sich bis in die Enden der Kernarme hinaus. Solche verästelte Kerne sind schon längst von den Autoren beschrieben und abgebildet worden und kommen in Menge vor. Bei der Färbung derselben mit Hämatoxylin treten ihre Konturen noch schärfer hervor; die in ihnen befindlichen Körner und Fäden färben sich bei geeigneter Differenzierung schwarz. In manchen Präparaten sind sie sogar in überwiegender Anzahl vorhanden; doch glaube ich kaum, dass sie ein besonderes Stadium der Ausbildung bezeichnen, so dass alle Kerne zu einer gewissen Zeit ihrer Entwicklung diese Gestalt haben.

Allmählich tritt dann in den Kernen wieder eine Veränderung ihres Inhalts ein. Die feinen Fasern in ihnen ziehen sich zu dickeren Strängen zusammen, und die Körner sammeln sich in ihnen zu grösseren Klumpen (Fig. 4 der Taf. XIII), wobei diese gekörnten Stränge in der Regel quer oder schief über den länglich ausgezogenen Bauch des Kerns ziehen und in die erwähnten Fortsätze desselben hinabsteigen, in welchen die Körner jedoch gewöhnlich noch feiner sind und noch zerstreuter liegen. Wenn man nun die entsprechenden Biondipräparate untersucht (Fig. 8, 10 der Taf. IX), so findet man, dass die zusammengezogenen und verbreiterten Stränge in ihnen *blaugrün* geworden sind. Es ist mir nicht gelungen, zu ermitteln, ob die Stränge in dem Stadium der Fig. 8 einen zusammenhängenden Faden bilden, oder an einigen Stellen unterbrochen sind. Bald werden diese Stränge noch dicker und kürzer, und dann sieht man deutlich, dass sie in den Kernfortsätzen frei endigen, also wirklich unterbrochen sind (Fig. 10 der Taf. IX). Ihre blaugrüne Farbe ist bald noch intensiver geworden, und nichts in ihnen tritt mehr in roter Farbe hervor. Der Kern bereitet sich wieder zur Teilung vor. Die während der ganzen nun verlaufenen Periode an seinem äusseren Umfang gelegene Zentrosphäre (Fig. 6, 7, 8 der Taf. IX; Fig. 1, 2, 3 der Taf. XIII) teilt sich bald in ähnlicher Weise wie bei der ersten Teilung, und die beiden Tochterzentrosphären legen sich den entgegengesetzten Polen des Kerns an; eine Spindel entsteht nach dem Verschwinden der Kernmembran u. s. w.

In den beiden durch die erste Teilung des Eies entstandenen Tochterzellen geht, wie v. a. zur Strassen betonte, der neue Teilungsprozess oft nicht ganz gleichzeitig und parallel vor sich, und die Teilungsachsen derselben stehen mit geraden Winkeln gegeneinander. Diese beiden Eizellen haben ja für die Bildung des neuen Tierkörpers besondere Aufgaben. Die erste Teilung ist eine inäquale, indem die »obere« Zelle (Nr. I zur Strassen's) konstant etwas grösser als die »untere« (Nr. II) ist. Die obere grössere liefert durch ihre Nachkommen nur das »Ektoderm«, die untere kleinere dagegen die Mehrzahl der Organsysteme, nämlich die Geschlechtsanlage, das Mesoderm, den gesamten Verdauungstractus und einen Teil der Körperbedeckung (Boveri, zur Strassen). Von dem Teilungsprozesse dieser Tochterzellen habe ich auf den Tafeln XIII und X einige Beispiele wiedergegeben, welche das Verhalten derselben anzeigen. In Fig. 5 der Taf. XIII ist in Hämatoxylin-Eosinfärbung ein Ei abgebildet, in dem sich die untere Zelle (II) schon in zwei neue Tochterzellen mit je einem Kern in einem neuen Teilungsstadium begriffen geteilt hat, während die obere Zelle sich noch im Spindelstadium befindet. In den Biondipräparaten findet man nun, dass die Chromosomen sich vor, während und einige Zeit nach der Teilung im Spindelstadium intensiv *blaugrün* färben (Fig. 1 und 2 der Taf. X), wogegen sie in den Ruhestadien dazwischen nur die *rote* Farbe annehmen (Fig. 3, oben auf derselben Taf.). Es herrschen hier also dieselben Gesetze wie bei der ersten Teilung des Eies, und ich brauche nicht weiter auf die Einzelheiten einzugehen. Bei jedem folgenden Teilungsakte wiederholt sich dann dasselbe Gesetz.

In den Blastula- und Gastrulastadien geschieht noch insofern dasselbe, dass bei jeder Teilung der Zellen vor, während und etwas nach dem Spindelstadium die Chromosomen intensiv *blaugrün* hervortreten (Fig. 5 der Taf. X). In dem Ruhestadium zwischen den Teilungsakten verschwindet aber hier die blaugrüne Farbe nicht, sondern wird nur etwas bleicher und geht nicht in eine rote über. Dies stimmt also mit dem Verhalten der Chromosomen der Kerne in der Blastula und Gastrula der Eier der Echinodermen überein. Die Fig. 5—8 der Taf. X stellen einige Vertikalschnitte von Gastrulae der Ascaris dar.

Nachdem ich nun das Verhalten der Chromosomen bei der Anwendung des Biondigemisches während einer Reihe von Teilungsstadien des Eies von Ascaris megalocephala geschildert und bildlich dargestellt habe, gehe ich zu der Beschreibung des anderen Themas, das ich mir diesmal vorgelegt habe, nämlich zur Eruierung *der Struktur des Protoplasmas* und im ganzen des eigentlichen Körpers des Ascariseies über, um so mehr als die Darstellung desselben, welche in neuerer Zeit gegeben wurde, meiner Ansicht nach jedenfalls nicht gut und erschöpfend ist.

Wenn ich die älteren Angaben über den Bau des Protoplasmas im Ascarisei durchmustere, finde ich indessen, dass in denselben schon mehrere Befunde vorkommen, die meiner Ansicht der Wahrheit weit näher stehen, als man in neuerer Zeit anzuerkennen scheint.

In seinem grossen Werke vom J. 1883[1]) lieferte E. Van Beneden eine eingehende Darstellung vom Baue des Protoplasmas und des Dotters des Ascariseies. Ausser dem eigentlichen Protoplasma beschrieb er in diesen Eiern besondere Bildungen dreierlei Art, nämlich die *Sphères hyalines*, die *Gouttelettes homogènes* und die *Corpuscules réfringents et brillants*. »Si l'on écarte», sagt er, »par l'imagination les sphères hyalines, les gouttelettes homogènes et les corpuscules réfringents du vitellus, il reste une charpente réticulée, un système de couches, de lames et de poutrelles anastomosées en un reseau; elles sont constituées par une substance finement ponctuée et forment ensemble le corps protoplasmique de l'oeuf. Le protoplasme forme à la périphérie une couche continue et ininterrompue; de sa face interne se détachent les lames et les poutrelles qui s'anastomosent entre elles de façon à circonscrire des espaces d'étendue très variable, que remplissent les éléments figurés et les gouttelettes homogènes du vitellus» . . . »La substance protoplasmique est partout manifestement ponctuée. Dans les plus minces lamelles on ne distingue parfois qu'une rangée de ponctuations; dans les trabécules plus épais on en voit deux ou plusieurs courant d'habitude parallèlement les unes aux autres. Les points sont réunis entre eux par des lignes d'une extrème tenuité: il semble que les granules punctiformes sont enfilés sur des filaments ou plutôt que les grains ne sont que des renflements parfois équidistants de fibrilles moniliformes. La substance protoplasmique se constitue seulement en partie de ces fibrilles; entre elles doit exister une substance interfibrillaire. En effet, quand deux ou plusieurs fibrilles moniliformes courent parallèlement les unes aux autres, on distingue toujours entre elles des espaces qui ne peuvent être vides . . Je n'ai jamais pu voir d'une façon bien manifeste si les grains correspondants de fibrilles voisines et parallèles entre elles sont reliés entre eux; mais les détails de structure que révêle l'étude du protoplasme constitutif du corps des spermatozoïdes me porte à croire qu'il en est ainsi dans le protoplasme ovulaire, que les grains ne sont que les noeuds au niveau desquels les fibrilles s'anastomosent entre elles, en d'autres termes, que la charpente protoplasmique consiste en un treillage dont les mailles sont occupées par une substance interfibrillaire, tandis que les points de jonction des fibrilles constitutives du treillage sont de petites nodosités apparraissant sous forme de granules punctiformes . . . Si l'on examine la surface de l'oeuf en $^{1}/_{18}{}^{0}$ homogène, de façon à voir de face la couche sarcodique périphérique du vitellus, on distingue la même apparence ponctuée et l'on reconnait fort bien çà et là que les grains sont réunis entre eux par des filaments excessivement tenus . . . Mais il est loin d'en être toujours ainsi: en beaucoup d'endroits les grains sont disséminés sans ordre apparent et l'on ne parvient pas à voir les fibrilles qui les réunissent entre eux. Les fibrilles sont le plus souvent rectilignes; mais pas toujours.»

Ich habe hier Van Beneden's Äusserungen so ausführlich und auch wörtlich angeführt, um darzutun, dass er die Struktur des Protoplasmas hauptsächlich richtig gesehen hat. Kurz zusammengefasst, war die von ihm erlangte Auffassung hiervon die, dass das eigentliche Protoplasma des Ascariseies aus zwei Teilen bestehe: aus *feinen Fibrillen,* welche ein »Netzwerk» bilden, dessen Knotenpunkte als feine Körnchen erscheinen, und einer *interfibrillären Substanz.* Die Abbildungen, die er davon gibt, sind indessen in gar zu kleinem Massstab ausgeführt und wenig erläuternd.

Im Jahre 1887 veröffentlichte Van Beneden seine neuen, zusammen mit Neyt ausgeführten Untersuchungen über das Ascarisei.[2]) In dem Kapitel »Origine des sphères attractives, des asters et du fuseau achromatique» besprechen die Autoren die fibrilläre Ausbilduug dieser Formationen: »Il est facile de voir que les fibrilles achromatiques sont moniliformes, qu'elles sont formées de microsomes réunies entre eux par des interfils. On peut. voir aussi çà et là que les microsomes de fibrilles voisines sont réunis entre eux transversalement, de telle sorte que les fibrilles ne sont très probablement que des parties plus apparentes, à cause d'une plus grande épaisseur, du treillis protoplasmique».

[1]) Edouard Van Beneden, *Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire.* Arch. de Biologie T. 4, 1883 — aussi comme oeuvre sépar. Gand, Paris et Leipzig.

[2]) Edouard Van Beneden et Adolphe Neyt, *Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitosique chez l'Ascaride mégalocéphale.* Communication préliminaire. Bull. de l'Acad. royale de Belgique. 3me Sér., T. XIV, N:o 8. 1887.

In seiner im Jahre 1888 herausgegebenen berühmten Arbeit über »*Die Befruchtung und Teilung des Eies von Ascaris megalocephala*» besprach Boveri[1]) im Zusammenhang mit seiner Darstellung seiner Archoplasma-Lehre gelegentlich die Frage von der Struktur des Protoplasmas der Ascariseier. »Die Konstitution der Zellsubstanz des Ascariden-Eies ist eine sehr komplizierte», äusserte er, »und ich kann nicht behaupten, dass ich imstande gewesen wäre, dieselbe vollkommen zu analysieren. Was vor allem eine richtige Vorstellung erschwert, das sind die ausserordentlich wechselnden Bilder, die man mit verschiedenen Reagentien, ja mit einem und demselben Reagens erhält . . . Ich beschränke mich daher auf die ganz allgemeine Angabe, dass nach den verschiedenen Präparaten, die ich gesehen habe, die Zellsubstanz aus einer homogenen Grundsubstanz gebildet wird, in der sich ein feinfädiges, bald eng-, bald weitmaschiges Gerüst ausbreitet. Zwischen diesem Fadenwerk sind in die Grundmasse grössere und kleinere Dotterkörper, sehr kleine regellos zerstreute Körnchen und eine spezifische, je nach dem Entwicklungszustand des Eies körnige oder fädige Substanz eingelagert. Was ich im Folgenden mitteile, bezieht sich fast ausschliesslich auf diese letztere Substanz. Die übrigen Bestandteile der Zelle nehmen, wie es scheint, an dem Teilungsvorgang keinen aktiven Anteil, sondern werden bei der Durchschnürung der Zellsubstanz ihrer Lage entsprechend einfach auf die Tochterzellen verteilt.» Boveri ging dann zur Darstellung des Archoplasmas über, welches er als »eine von den übrigen Zellbestandteilen verschiedene Substanz» auffasste und in dem früheren Stadium als eine Anhäufung um den in das Ei eingedrungenen Samenkörper als Zentrum durch Attraktion des letzteren auf jene Substanz bedingt fand. Bei der späteren Wanderung des Samenkörpers zu dem Eikern, verliert jener die Beziehung, in der er bisher zu der Archoplasmakugel gestanden hat, sehr rasch und nimmt den Archoplasmahof nicht mit sich, sondern verlässt ihn. Nachdem das Zentrosoma entstanden ist, übt es »auf das in der Zelle enthaltene Archoplasma eine Attraktion aus derart, dass es, um sich selbst als Zentrum, diese Substanz zu einer dichten körnigen Kugel kontrahiert».

Von der Entwicklung der fädigen Strahlen gab Boveri folgendes Bild: »Die in radialer Richtung aufeinander folgenden Mikrosomen der ursprünglichen Kugel treten miteinander durch feine Fibrillen in Verbindung, wodurch ein kontinuierlicher Faden entsteht, an dem jetzt die Körnchen als Anschwellungen imponieren. Die Verlängerung des Fadens geschieht dadurch, dass zuerst die peripher gelegenen Mikrosomen sich weiter voneinander entfernen . . . Je weiter ein Radius in die Zellsubstanz hinausreicht, um so mehr Mikrosomen werden zu seiner Bildung in Mitleidenschaft gezogen . . . Es wäre möglich, dass schon in der ruhenden Archoplasmakugel die benachbarten Mikrosomen durch Fibrillen miteinander verbunden sind und so nur die verdickten Knotenpunkte eines feinen Balkenwerks darstellen, welche Struktur Van Beneden dem ganzen »Protoplasma» zuschreibt und welche er in der mit Neyt gemeinsamen Arbeit auch für die »Sphères attractives» anzunehmen scheint. Nachweisbar ist jedoch ein solcher Zusammenhang an meinen Präparaten nicht . . . Ich neige mich vorderhand zu der Ansicht, dass die einzelnen Archoplasmamikrosomen selbständige Gebilde, nicht Knotenpunkte eines einheitlichen Gerüstwerks sind, und dass dieselben erst zur Zeit der radiären Ausbreitung des Archoplasmas in der Zelle eine Verbindung miteinander eingehen, ohne dabei ihre Selbständigkeit aufzugeben». Boveri schildert auch die Teilung des Archoplasmas zu zwei vollkommen getrennten Kugeln, jede mit ihrem Zentrosoma im Mittelpunkt, auseinander gerückt.

In den übrigen Publikationen über die Entwicklung und die Befruchtungsvorgänge der Ascariseier kommen zwar einzelne Angaben über den Bau des Protoplasmas vor. Die meisten derselben sind aber nur unbestimmt und wenig erläuternd. Von denselben will ich deshalb hier nur folgende anführen und besprechen.

So findet man z. B. schon im J. 1884 die Schilderung der Zellsubstanz des Ascariseies von M. Nussbaum[2]): als netz- oder filigranartig angeordnetes Protoplasma mit seinen feinen eingelagerten Körnchen, daneben noch helle glänzende Kugeln und an der Peripherie des Dotters glänzende farblose Krystalle.

Carnoy[3]) äusserte im J. 1886: »Le protoplasme est formé d'un réticulum et d'un enchylème. On doit se garder le confondre ses trabécules avec les cordons protoplasmatiques déliés. Les trabécules du protoplasme sont toujours simples, les cordons au contraire sont formés d'un nombre plus ou moins considérable de couches de mailles repoussées ou ratatinées. Il forme un tout continue qui se transforme totalement ou partiellement en asters ordinaires et en asters de divers ordres pendant la chinèse, pour repasser en suite à l'état de réticulum au repos. En outre on peut y rencontrer des enclaves: les vacuoles et les plaques vitellines.»

---

1) Theodor Boveri, *Zellen-Studien.* Heft 2. 1888.

2) M. Nussbaum, *Über die Veränderungen der Geschlechtsprodukte bis zur Eifurchung.* Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. 23. 1884.

3) J. B. Carnoy, *La segmantation chez les nématodes.* La cellule, III, 1886.

Ob die Gebrüder Zoja[1]) in den beiden Mitteilungen, welche kürzlich von Meves hinsichtlich des Verhaltens der »Plastidulen» der Spermien im Ascarisei nach der Befruchtung angeführt worden sind, eine nähere Darstellung der Protoplasmastruktur dieser Eier gegeben haben, ist mir leider nicht bekannt, da dieselben in mir nicht zugänglichen italienischen Veröffentlichungen aus den Jahren 1891 und 1896—1898 gedruckt sind.

Im J. 1897 erschien eine die Protoplasmastruktur ausführlich behandelnde Abhandlung von R. v. Erlanger[2]), welche auch ganz besonders das Ascarisei betrifft. In dieser Arbeit schloss sich v. Erlanger hinsichtlich des Protoplasmas den Ansichten seines Lehrers Bütschli an. Ich führe aus seiner Darstellung hier folgendes Zitat an: »Es lässt sich an diesen Objekten (Furchungszellen von Amphibieneiern) nachweisen, *wie das ruhende Cytoplasma ein gleichmässig wabiges Gefüge besitzt*[3]) und die Spindelfigur allmählich aus der Umordnung der Cyto- oder Karyoplasma-Alveolen zu Längsreihen entsteht. *Ganz dasselbe zeigt das Ascarisei*[3]). Ich habe zum Vergleiche und zur Controlle eine Reihe von anderen Objekten in derselben Hinsicht geprüft... und *stets gefunden, dass das ruhende Cytoplasma wabig gebaut ist*[3]) und dass die Spindelfigur aus der Umlagerung von Cyto- oder Karyoplasma-Alveolen hervorgeht».

Diese Anschauung von einer wabigen Struktur des Eiprotoplasmas im Sinne Bütschli's hat in neuerer Zeit offenbar viele Anhänger gewonnen.

Schliesslich hat dann Fr. Meves[4]) in seiner in diesem Jahre erschienenen Arbeit »*Über die Beteiligung der Plastochondrien an der Befruchtung des Eies von Ascaris megalocephala*» im Anschluss an seine vorigen Arbeiten, auch die Protoplasmafrage im allgemeinen berührt.

In Anbetracht dieser in der biologischen Wissenschaft so bedeutungsvollen Frage will ich die betreffenden Angaben und Ansichten des hervorragenden Histologen etwas eingehender besprechen.

Wie ich schon früher hervorgehoben habe, ist es zu bedauern, dass Meves von der Benda'schen Mitochondrientheorie gewissermassen auf einem Umweg zu der Behandlung der eigentlichen Protoplasmastruktur im allgemeinen gelangt ist, statt von Anfang an an die Beobachtungen und Ansichten seines hochverdienten Lehrers Flemming über den Protoplasmabau direkt anzuknüpfen. Eben infolge dieses Umweges sind wir mit einer Reihe von Namen und Bezeichnungen bereichert worden, welche jedenfalls nicht geeignet sind, die so überaus wichtigen Fragen und Probleme zu erläutern und zu erklären: Man ging von den als ganz spezifische Elemente von Anfang an betrachteten »*Mitochondrien*» aus — dann entstanden die »*Chondriokonten*» oder »*Plastokonten*», »*Plastochondrien*», und schliesslich die »*Chondriosomen*» und »*Plastosomen*». Wenn man nun untersucht, was für einer neuen Art von Begriffen alle diese neugeschaffenen Termen und Bezeichnungen entsprechen, so findet man, dass die zuletzt angegebenen Namen den von Flemming schon längst erkannten und als *Mitom* oder *Fila* beschriebenen gekörnten Fäden sowie den von E. Van Beneden mit *Mikrosomen* versehenen *Fibrillen* entsprechen. Meves identifiziert nun selbst auch die Mitochondrien mit den *Körnern* Altmann's. In seiner hier angeführten letzten Abhandlung sagt er ja (S. 684) selbst: »*Die Chondriokonten oder Plastokonten sind mit den Fila* Flemmings von 1882, *die Mitochondrien oder Plastochondrien mit den Körnern* Altmann's *identisch.*»[3])

Meves betont, dass der positive Nachweis fehlte, »dass sich im Protoplasma eine spezifische Struktur, ein Idioplasma im Sinne Nägeli's findet, welches bei der Befruchtung mitwirkt.» Die Frage, welche Struktur hierfür in Betracht kommen könnte, stellt uns vor *die andere, welche Struktur dem Protoplasma überhaupt zukommt.*»[3])

»Es ist bekannt», fügt Meves hinzu, »dass in dieser Beziehung lange Zeit zwei Theorien einander gegenüber gestanden haben, die *Fadenlehre* Flemming's (1882) und die *Granulalehre* Altmann's (1890). Ich habe», sagt er, »neuerdings beide in der Theorie der *Chondriosomen* oder *Plastosomen* vereinigt, von denen ich gezeigt habe, dass sie bald in Form von Fäden, *Chondriokonten* oder *Plastokonten*, bald in derjenigen von Körnern, *Mitochondrien* oder *Plastochondrien*, auftreten».[3])

Es ist nun aber zu betonen, dass Flemming seine *Fila* oder sein *Mitom* schon lange vor Meves als *gekörnte Fäden* beschrieb, und dass deshalb auch seine Bezeichnungen die Priorität haben müssen.

---

[1]) L. und R. Zoja. *Intorno ai plastiduli fucsinofili* (bioblasti del *Altmann*). Mem. ist. Lomb. sc. lett. Milano. Vol. 16, 1891. — Zoja, R., Stato attuale degli studi sulla fecondazione. Diss. di lib. docenza. Bolletino scient. Anno 18—20. Pavia 1896—98.

[2]) R. v. Erlanger, Beiträge zur Kenntniss der Structur des Protoplasmas, der karyokinetischen Spindel und des Centrosoms. Archiv f. mikroskop. Anat. u. Entwickl.-gesch. Bd. 49, 1897.

[3]) Von mir kursiviert.

[4]) Fr. Meves, *Über die Beteiligung der Plastochondrien an der Befruchtung des Eies von Ascaris megalocephala.* Archiv f. mikroskop. Anat. u. Entwickl. gesch., Bd. 76. 1911.

Eine andere Frage ist die, ob die Altmann'schen Granula wirklich mit den Körnern des Mitoms von Flemming identisch sind; ich will aber diesmal diese Frage nicht näher berühren, und dies um so weniger, als die Behandlung derselben für mein jetziges Thema nicht nötig ist. Dagegen soll hervorgehoben werden, dass die *Fibrillen* Van Beneden's mit ihren *Mikrosomen* den gekörnten Fäden Flemming's entsprechen, obwohl Van Beneden teilweise unsicher war, ob er die Mikrosomen als eigentliche Körnchen oder nicht vielmehr als Knotenpunkte des Fibrillenwerkes aufzufassen hätte. Mit dem *ursprünglichen* Begriff Mitochondrien von Benda sind aber Flemming's Körnchen und Van Beneden's Mikrosomen nicht identisch. Der Name Mitochondrien Benda's bezeichnete ja — und dies kann nicht genug betont werden — von Anfang an spezifische Körner in den männlichen Sexualzellen, wo diese Körner an den Spermien mit den von v. Brunn schon weit früher entdeckten grossen Körnern identisch waren, und wurde nur allmählich auch auf Körnchen in anderen Zellarten übertragen. Wenn der Name »Mitochondrien» wirklich aufrecht erhalten werden soll, sollte er jedenfalls *nicht* mit den Körnchen Flemming's (und Van Beneden's) in dem Fadenwerk des Protoplasmas im allgemeinen identifiziert, sondern als eine Art *höher differenzierte* oder *spezifizierte* Körner in den männlichen Sexualzellen aufgeführt werden, obwohl man in dieser Hinsicht, da man ihre wirkliche Spezifizität noch so wenig kennt, sehr vorsichtig sein muss. Bevor man tiefer in die Kenntnis der wahren Natur der im Protoplasma zu findenden Elemente einzudringen vermag, ist es besser, nicht eine Reihe von unklaren Bezeichnungen zu formulieren und festzuschlagen, weil dies recht viel Verwirrung verursachen kann und auch schon verursacht hat.

Ich habe dies hier noch einmal hervorheben wollen, gewiss nicht um die Verdienste des genannten ausgezeichneten Histologen zu schmälern, sondern weil ich in der noch zu frühen Feststellung einer Reihe streng wissenschaftlich lautender Termini technici mit griechischen Namen, aber mit sehr schwankenden und sich von Jahr zu Jahr verändernden Begriffen, eine Gefahr für die wahre Entwicklung unserer Wissenschaft auf diesem hochwichtigen Gebiete sehe. Es ist meiner Ansicht nach nötig, bevor man neue Bezeichnungen und Termini konstruiert, in die Struktur des Protoplasmas und dessen Einschlüsse noch tiefer und in möglichst weitem Umfang einzudringen. Man möchte hoffen, dass der sehr scharf beobachtende, aber auch sehr kritisch beurteilende Geist Flemming's noch fortlebe und wirke, damit die Forschung nicht auf Irrwege gerate. Es ist gewiss wichtiger, noch manches neue Material für eine umsichtige Beurteilung einzusammeln und bis auf weiteres die Unzulänglichkeit unserer bisherigen Kenntnisse zu erkennen, als zu früh die Begriffe zu konstruieren und die Bezeichnungen festzustellen. Die *Mitochondrien* sind ja eben ein warnendes Beispiel. Mir war es schon seit lange klar, dass der Mitochondrien-Begriff ein sehr unbestimmter, unsicherer und schwankender sei. Von der anfänglichen Bezeichnung Benda's ganz spezifischer Elemente ist dieser Begriff, ich betone es noch einmal, nun so weit gekommen, dass Meves selbst, welcher dieser Meinung früher huldigte, jetzt die Mitochondrien mit den alten Körnern Altmann's für identisch erklärt, sowie seine eigenen Chondriokonten mit den alten Fila Flemming's identifiziert.

In der neuesten Literatur auf diesem Gebiete findet man hier und da die Wirkungen der fraglichen Begriffsschwankungen deutlich hervortreten, ohne dass die verschiedenen geehrten Autoren es selbst eingesehen haben. Wenn man nur mit Eisenalaun-Hämatoxylin oder nach der Benda'schen Methode in dem Protoplasma der Zellen Körnchen oder Fädchen gefärbt erhalten hat, ist man mit dem Schluss fertig, sie als spezifisch differenzierte Elemente aufzufassen und sie als »Mitochondrien» oder »Chondriokonten» u. s. w. zu bezeichnen. Und doch weiss man hinsichtlich derselben nicht mehr, als dass man die fraglichen Elemente derart färben konnte. Mit dem vortrefflichen Eisenalaun-Hämatoxylin kann man aber beinahe alles färben; dann hängt auch die Spezifizität der Elemente von der relativen Abfärbbarkeit in Eisenalaun, welche bald bis zur vollständigen Abfärbung geht, ab. Hierbei ist aber die Beurteilung sehr schwer und muss sehr kritisch sein. Dies sollte eigentlich allen Histologen von Hause aus klar sein; es scheint aber, als ob man es nicht deutlich genug einsähe.

Nach diesem Ausfluge kehre ich nun wieder zu der Besprechung der Befunde von Meves in seiner betreffenden Abhandlung über die Struktur des befruchteten Ascariseics zurück. In Übereinstimmung mit Hensen's Ansicht, dass kein Grund vorliege, hinsichtlich der Vererbungsvorgänge die protoplasmatische Substanz des Zoosperms zu vernachlässigen, und nach seinen eigenen Befunden, »dass Chondriosomen oder, wie ich sie», sagt Meves, »von nun an ausschliesslich nennen werde, Plastosomen (d. h. Plastokonten oder Plastochondrien) in allen embryonalen Zellen gegenwärtig sind», und infolgedessen »die Plastosomen als die Vererbungsträger des Protoplasmas oder als protoplasmatisches Idioplasma angesprochen» werden möchten, nahm er die Untersuchung über das Ascarisei auf, in welchem die Gebrüder L. und R. Zoja im Jahre 1891 gezeigt hatten, dass bei der Befruchtung dieses Tieres die Altmann'chen Bioblasten des Spermiums, von ihnen »Plastidulen» genannt, sich mit denjenigen des Eies ver-

einigen. Meves benutzte hierzu mit besonderem Vorteil das Altmann'sche Gemisch (Osmiumsäure-Kaliumbichromat-Säurefuchsin-Anilinwasserlösung). Das am Ende des Eileiters angekommene Ei zeigt dann nach ihm den folgenden Bau: »Es enthält einen zentral gelegenen Kern, welcher infolge der starken Osmierung völlig homogen aussieht; eine meistens vorhandene Unregelmässigkeit des Konturs ist wahrscheinlich auf Schrumpfung zurückzuführen». Im Protoplasma fallen am meisten grosse, kugelige, homogen erscheinende Gebilde, die Sphères hyalines von Van Beneden, auf, in denen man eine dunklere Rindensubstanz und ein helleres Innere unterscheiden kann; ferner die »Gouttelettes homogènes» Van Beneden's; ferner die »Corpuscules réfringents» desselben Forschers, in denen »es sich um kleine Klümpchen von punktförmigen Granulis handelt, die durch einen Kitt von annähernd derselben Lichtbrechung wie die Granula selbst verklebt werden». »Diese Klümpchen sind», wie ich finde», sagt Meves, »von einer feinen Membran umschlossen.» Diese Corpuscules, welche im Altmann'schen Gemisch öfters geschwärzt werden, sind dann hinderlich für die Wahrnehmung der wesentlichen Strukturen. In Kanadabalsampräparaten von anderem Material dagegen erscheinen die Corpuscules réfringents als helle leere Bläschen. »Dies könnte daher rühren, dass die geschwärzten Granula durch die weitere Behandlung zur Lösung gebracht sind. Wahrscheinlicher ist mir aber», sagt er, »dass eine Schwärzung der Granula ausgeblieben ist.» Viele der hellen Bläschen sind aber Protoplasmavakuolen, deren Wand sehr blass und schwer wahrnehmbar ist. »Es ist daher möglich, dass ihre Zahl tatsächlich viel grösser ist, als sie in den meisten meiner Figuren», sagt Meves, »erscheint, so dass man, wie v. Erlanger (1897, S. 318) behauptet hat, berechtigt sein würde, von einem Wabenbau der Zellsubstanz zu sprechen.» »Wenn man sich nun die deutoplasmatischen Gebilde und die Protoplasmavakuolen weggenommen denkt, so bleibt eine Grundsubstanz übrig, welche zahlreiche bereits am lebenden Objekt sichtbare Granula, die »Microsomen» Van Beneden's, einschliesst, die sich bei Anwendung der Altmann'schen Methode intensiv rot färben. Mit Hilfe dieser Methode sind sie schon von den Gebrüdern Zoja (1891, S. 247) dargestellt worden, welche sie als Plastidulen bezeichnet haben. Ich nenne sie», sagt Meves, »Plastochondrien. Sie finden sich durch den ganzen Zelleib verstreut. Stellenweise bilden sie Gruppen. Ausserdem sind sie, wie die Gebrüder Zoja bereits konstatiert haben, unter der Zelloberfläche ... und an der Membran des Kerns stärker angehäuft. Sie bedecken ferner in grösserer Zahl die Oberfläche der sphères hyalines». Nach Van Beneden sind »die Plastochondrien oder Microsomen durch ausserordentlich zarte Fibrillen miteinander verbunden». »Auf diese Weise soll ein sehr enges Gitterwerk entstehen, dessen Knotenpunkte die Plastochondrien darstellen. *Ich habe*», sagt Meves, »*meinerseits von derartigen Fäden nichts gesehen, und scheint mir ihre Existenz durch die Art und Weise, wie die Plastochondrien im Zellkörper verteilt sind* (besonders aber auch durch ihr späteres Verhalten), *so gut wie ausgeschlossen zu sein.*» [1])

Meves führt dann die betreffenden Angaben Boveri's an, dass »die Zellsubstanz aus einer homogenen Grundsubstanz gebildet wird, in der sich ein feinfädiges, bald eng-, bald weitmaschiges Gerüst ausbreitet. Zwischen diesem Fadenwerk sind in die Grundmasse grössere und kleinere Dotterkörper, sehr kleine regellos zerstreute Körnchen und eine spezifische, je nach dem Entwicklungszustand des Eies körnige oder fädige Substanz eingelagert. Letztere wird von Boveri als Archoplasma bezeichnet». Meves fügt dann hinzu: »Zu dieser Schilderung bemerke ich zunächst, *dass ich von einem Faden- oder Netzwerk in der Grundsubstanz*, wie es übrigens auch Carnoy und Lebrun (1897, S. 66) dem Ascarisei zuschreiben, an meinen Präparaten nichts wahrgenommen habe. Das ist allerdings durchaus kein Beweis gegen seine Existenz; denn es wäre leicht möglich, dass es infolge starker Osmierung unsichtbar geworden wäre. Ist aber ein solches Fadenwerk an irgendwelchen anderen Reagentienpräparaten vorhanden, so kann man andererseits nicht wissen, ob es bereits im lebenden Zustand existiert.» Dann fügt Meves schliesslich hinzu: »Von den 'sehr kleinen regellos zerstreuten Körnchen', deren Boveri Erwähnung tut, ist es möglich, dass sie den Mikrosomen Van Benedens, also Plastochondrien entsprechen. Sicher aber sind die 'Archoplasmakörner' nichts anderes als Plastochondrien; jedoch sah Boveri diese erst, 'während der Bildung des ersten Richtungskörpers' auftreten, wo sie sich um das Spermatozoon anhäufen.»

Ich habe hier diese Äusserungen von Meves so ausführlich zitiert, um seine Ansichten möglichst genau anzugeben, um so vielmehr als seit der Darstellung E. Van Beneden's vom Protoplasma des Ascariseies keine so eingehende Schilderung gegeben worden ist als diese von Meves, welche zugleich auch die zuletzt, im Jahre 1911, gelieferte ist. Dieselbe kann wohl deshalb, von einem so erfahrenen und umsichtigen Histologen und auf seine eigenen neuen Untersuchungen gegründet, als ein jetziger wissenschaftlicher Standpunkt betrachtet werden.

Meves geht ferner zu dem eigentlichen Gegenstand seiner Untersuchung über und konstatiert, dass das

[1]) Von mir kursiv.

mit dem Spermium in das Ei eingeführte Protoplasma mit seinen grossen Körnern sich allmählich in die Eisubstanz ausbreitet und in dieselbe aufgenommen wird. »Aus theoretischen Gründen«, sagt er, »muss angenommen werden, dass, nachdem die männlichen und weiblichen Plastochondrien sich gemischt haben, früher oder später je ein männliches und weibliches Korn miteinander verschmelzen.«

Ich gehe nun, nach dieser Übersicht über die wichtigsten Ansichten und Angaben der diesen Gegenstand besprechenden Autoren, zu meinen eigenen Befunden hinsichtlich der Struktur des Protoplasmas und im ganzen des Zellkörpers des Ascariseies über. Das von mir hierfür benutzte Material war teils mit Sublimatlösung, teils mit Pikrinessigsäure, teils mit Carnoy'schem Gemisch behandelt. Von diesen zeigten sich das erste und das letzte Fixiermittel als die besten. Vor allem war das mit Carnoy'schem Gemisch fixierte ganz ausgezeichnet schön. Zur Färbung eignete sich ganz besonders die Heidenhain'sche Eisenalaun-Hämatoxylinmethode mit nachfolgender kurzer Eosinbehandlung. Ich will aber von vornherein betonen, dass hierbei die richtig abgewägte Differenzierung, resp. Abfärbung des Hämatoxylins von grösster Bedeutung ist. Wenn die Abfärbung zu weit geführt worden ist, lässt sich die feinere Protoplasmastruktur gar nicht genau eruieren. Unter Hinweis auf die Tafeln XI, XII und XIII kann ich indessen die allgemeinen Züge dieser Struktur in kurzgefasster Darstellung angeben.

Wenn die Hämatoxylinfärbung gut gelungen und intensiv, die Eosinfarbe aber nicht oder nur schwach hervortritt, wie in den Fig. 16, 17 und 18 der Taf. XI, bemerkt man nur ein sehr feines, graues bis schwarzes Fadenwerk mit kleinen, dunkel resp. schwarz gefärbten Körnchen von etwa gleicher Grösse, welche in ungefähr gleichen Abständen in den Fäden aufgehängt sind. Diese fein gekörnten Fäden umkreisen runde oder ovale helle Räume von wechselnder Grösse und laufen teils an ihren Wänden, teils in den Balken zwischen ihnen, und zwar in verschiedenen Richtungen, so dass man durch Heben und Senken des Tubus den Verlauf der Fäden sehr schön verfolgen kann. Dagegen ist es nicht eben leicht, dieselben in ihrem perspektivischen Bilde abzuzeichnen. Die Fig. 16, 17 und 18 der Taf XI vermögen deshalb nur ungefähr in einem Plane das Fadenwerk wiederzugeben. Die Fäden mit ihren Körnern sind aber im guten Material und bei geeigneter Färbung, wie oben betont, ausserordentlich schön und scharf hervortretend und leicht verfolgbar. Oft sieht man sie streckenweise ziemlich gerade oder schwach schlingernd verlaufen; nicht selten zeigen sie eine, obwohl undeutliche, radiäre Anordnung, was besonders dann hervortritt, wenn Zentrosomenstrahlungen vorhanden sind, und zwar vor allem in der Umgebung derselben, obwohl diese radiäre Anordnung in den Ascariseiern nicht so ausgeprägt vorkommt, wie bei vielen anderen Tieren, z. B. bei den Echinodermen.

In allen meinen gut gelungenen Hämatoxylinpräparaten von Ascariseiern, wo die Differenziation der Farbe auf einem geeigneten Stadium unterbrochen wurde — und ich besitze viele solche — lässt sich das hier geschilderte, mit kleinen Körnern besetzte, feine Fadenwerk überall im Eikörper der Ascariseier nachweisen. Die Fäden hängen offenbar untereinander nicht netzartig zusammen. Hier und da kann man an ihnen eine dichotomische Verzweigung wahrnehmen, und sie flechten sich stellenweise umeinander. Oft kann man solche Fäden eine Strecke weit, bald mehr gerade, bald mehr gebogen und schlingernd, unverzweigt verlaufend verfolgen.

Wenn man aber die Abfärbung der Hämatoxylinfarbe weiter treibt, wird das körnige Fadensystem immer heller und entzieht sich zuletzt den Blicken vollständig. Die Fig. 2 der Taf. XII stellt ein solches abgefärbtes Präparat dar, in dem nur die Zentralkörper und die Chromosomenschlingen noch mit der Hämatoxylinfarbe hervortreten; im Zellprotoplasma erkennt man dann nur die hellen, vakuolenähnlichen, grösseren Räume oder Tropfen.

In den mit Hämatoxylin und Eosin hinreichend stark gefärbten Präparaten bemerkt man ferner, dass überall, wo das dunkle Fadenwerk sich findet, eine sich durch das Eosin rötlich färbende Substanz auftritt, welche alle die die hellen Räume umgebenden Zellpartien des Eikörpers ausfüllt. In dieser sich rötlich färbenden Substanz findet sich offenbar das Deutoplasma, die Dottersubstanz, obwohl die Dotterkörner nur undeutlich hervortreten, indem sie miteinander zusammengebackt und verschmolzen sind. In den jüngeren Stadien der Eier erkennt man, dass diese Substanz im Eikörper noch körnig ist und in zerstreuten Gruppen liegt.

Auf den Tafeln XI, XII und XIII sieht man in manchen Figuren diese rötlich gefärbte Substanz in verschiedenen Stadien der Ausbildung.

Wie soll man nun den oben geschilderten Bau des Protoplasmas und des Eikörpers im ganzen erklären? Wenn man die hier dargelegten Strukturverhältnisse mit den in anderen Eiern, z. B. in denen der Echinodermen und Mollusken, von mir dargelegten vergleicht, so kommt man zu folgender Auffassung. Das Protoplasma der Ascariseier besteht aus einer an sich strukturlosen Grundsubstanz, welche von einem ziemlich weitmaschigen Gerüst von feinen, sparsam dichotomisch verästelten und mit feinen Körnern besetzten Fäden durchsetzt und um-

sponnen ist; in diese Substanz ist auch das Deutoplasma mehr oder weniger dicht eingelagert und von dem Fadengerüst umsponnen. In der so beschaffenen Zellsubstanz liegen ferner die hellen, tropfenförmigen, einen homogenen Inhalt darbietenden, verschieden grossen Teile eingeschlossen und zerstreut, welche Van Beneden als »Sphères hyalines» und »Gouttelettes homogènes» bezeichnete.

Das beschriebene Fadengerüst mit seinen Körnchen entspricht offenbar den von Van Beneden beschriebenen *Fibrillen* mit ihren *Mikrosomen* und ist als Flemming's *Mitom* aufzuführen, obwohl ich die Mikrosomen nicht als »Knotenpunkte» des Fadenwerkes, sondern als besondere Elemente in den Fäden auffasse. Die »Sphères» und »Gouttelettes» Van Beneden's scheinen mir dem *Paramitom* Flemming's anzugehören, obwohl sie von den übrigen Protoplasmateilen etwas mehr als in manchen anderen Tiereiern abgetrennt sind. In anderer Weise kann ich die Zellsubstanz der Ascariseier nicht mit derjenigen anderer Eier homologisieren. Jedenfalls erscheint mir dieselbe einfacher gebaut, als Van Beneden sie aufgefasst und beschrieben hat. Seine »Corps refringents» kann ich nicht als besondere Elemente anerkennen; wahrscheinlich entsprechen sie kleinen Anhäufungen und Gruppen seiner Fibrillen und Mikrosomen.

Von der Meves'schen Darstellung des Protoplasmas der Ascariseier weicht ebenfalls meine Auffassung in mancher Hinsicht ab. Vor allem hinsichtlich des Fadengerüstes. Offenbar hängt es, wie er es auch als möglich denkt, von der von ihm angewandten Fixationsmethode, und ganz besonders von der Osmierung ab, dass er das *Fadengerüst nicht wahrgenommen und die Körnchen als selbständig im Protoplasma zerstreut liegend gefunden hat.* Infolge dessen sind auch seine Abbildungen vom Bau der Ascariseier von den meinigen sehr verschieden. Dass sich die Körner durch Säurefuchsin stark rötlich färben, ist auch aus meinen Biondipräparaten zu ersehen, obwohl sie in den Hämatoxylinpräparaten noch weit schärfer und distinkter hervortreten.

Was nun die von Meves ganz besonders behandelte Frage vom Übergang des Spermiumprotoplasmas in die Eisubstanz betrifft, welches er, an die Angaben der Gebrüder Zoja anknüpfend, vom Eiprotoplasma aufgenommen werden lässt und als die Vererbungssubstanz des Protoplasmas repräsentierend aufführt, so bin ich auch schon lange gerade hinsichtlich dieser Frage mit Untersuchungen bei mehreren anderen Tierformen beschäftigt gewesen, und habe ich das Verhalten dieser eigentümlichen, grossen, von mir als von Brunn'sche Körner bezeichneten Elemente am Verbindungsstück der Spermien eingehend studiert. Bei Parechinus miliaris konnte ich die entsprechenden Körner bei dem Befruchtungsakt bis zum Zusammentreffen des Spermium- und Eikerns verfolgen, aber leider nicht weiter. Diese vom Spermium stammenden Körner sind zwar auch hier, wie bei Ascaris, bedeutend grösser als die Körner des Eimitoms; infolge ihrer geringen Anzahl und der Unmöglichkeit, sie spezifisch zu färben, blieb es mir nicht vergönnt, ihr weiteres Schicksal zu eruieren, und ich habe mich deshalb auch von weiteren Schlüssen auf diesem so äusserst bedeutungsvollen Gebiete abgehalten. Meves aber, welcher seine Chondriosomen-Plastosomen (Plastokonten oder Plastochondrien) in den embryonalen Zellen gegenwärtig fand, zog daraus den Schluss, dass die Plastosomen als die Vererbungsträger des Protoplasmas angesprochen werden sollen. Da aber diese letzteren Körner in jedem Protoplasma vorkommen, indem sie in dem Flemming'schen Mitom vorhanden sind und diesem angehören, ist es unmöglich hierdurch darzutun, ob sie beim Embryo vom Spermium- oder vom Eiprotoplasma herrühren; im Eiprotoplasma finden sich solche Körner in grosser Menge und gehen von ihm in die gefurchten Embryonalzellen über. Dies hat man ja lange gekannt. Als Meves sie in den Zellen der Embryonen fand, scheint er geglaubt zu haben, dass sie den ursprünglichen Benda'schen Mitochondrien der männlichen Sexualzellen entsprächen und deshalb eine gewisse Spezifizität innehätten. Nunmehr scheint er aber selbst zu der Auffassung gelangt zu sein, dass sie »Plastosomen» darstellen. Diese gehören aber meiner Ansicht nach den Körnchen des Mitoms oder der Mikrosomgruppe an. Und Meves äussert ja selbst (1911), wie oben erwähnt: »Von den Plastosomen habe ich bereits früher — — festgestellt, dass sie die Elementarstruktur des Protoplasmas darstellen.»

Dass aber die mit den Spermien in die Eier von Ascaris megalocephala eindringenden, relativ grossen Protoplasmakörner sich in die betreffenden Eier distribuieren, wie besonders die Gebrüder Zoja und nun noch bestimmter und klarer Meves hervorgehoben haben, lässt sich in den geeigneten Präparaten überall dartun. Und ich betrachte es als ein besonderes Verdienst des hervorragenden Kieler Histologen, dies betont und weiter geführt zu haben. Dagegen ist es mir, trotz aller Bemühung, nie gelungen, zu sehen, dass, wie Meves sagt, »aus theoretischen Gründen» angenommen werden muss, »dass nachdem die männlichen und weiblichen Plastochondrien sich gemischt haben, früher oder später je ein männliches oder weibliches Korn miteinander verschmelzen». Für eine solche hochwichtige Annahme hat man ja doch gar keine faktischen Beweise. Das einzige, was man sicher wahrnimmt, ist, dass die grossen, im Eiprotoplasma zerstreuten Körner bald nicht mehr als solche zu sehen sind. Die

Möglichkeit ist deshalb noch nicht ausgeschlossen, dass sie resorbiert werden und verschwinden. Ehe wir in so bedeutungsvollen Fragen so wichtige Schlüsse ziehen, müssen wir doch als Grundlage für die zu konstruierenden »Theorien» sichere Beweise und unzweideutige Observationen besitzen. Man könnte vielleicht hiergegen einwenden, dass ich zu skeptisch bin und zu viel fordere; ich muss aber zugestehen, dass ich immer mehr zu der Überzeugung gelangt bin, dass es für die Wissenschaft besser ist, nicht zu frühe und unreife Schlüsse zu ziehen, sondern, wie Flemming, immer vorsichtiger in dieser Beziehung zu werden. Je länger man lebt und je mehr man in der wissenschaftlichen Forschung erlebt hat, um so mehr wird man hinsichtlich verfrühter Theorien skeptisch, auch wenn sie zuweilen verlockend sein können.

Bevor ich die Besprechung der Struktur des Protoplasmas im Ascarisei diesmal abschliesse, habe ich aber noch eine erläuternde Sache zu schildern. Bekanntlich gelingt es jedenfalls nicht immer und in allen Eiern dieses Tieres, eine gute Fixierung der Zellsubstanz zu bekommen. Im Gegenteil dringt bei manchen Eiern die Fixierungsflüssigkeit zu spät ein. Und wahrscheinlich gehen auch in den Uteringängen zuweilen manche Eier von selbst zu Grunde. Es entsteht dann ein Zustand, welcher einer *Zytolyse* entspricht, und in unseren Flüssigkeiten früher oder später als solche fixiert wird.

Dieser Zustand kann in verschiedener Weise auftreten, ja sogar manche Varianten aufweisen. Ich habe denselben eingehender zu studieren versucht und bin zu der Überzeugung gelangt, dass die Zytolyse auch für die Erkenntnis der Struktur dieser Eier, wie ich dies bei denen der Echiniden gezeigt habe, von besonderem Interesse ist. Es zeigt sich, dass der Prozess auch hier im ganzen darin besteht, dass das Mitom des Protoplasmas sich von dem Deutoplasma abtrennt, und zwar bald in der Weise, dass sich das Deutoplasma in den Oberflächenpartien des Eies ablagert (Fig. 7 der Taf. XIII), wo die roten Teile dem Deutoplasma entsprechen, und das aus körnigen, dichotomisch verästelten Fäden bestehende Mitom durch eine helle Substanz zieht und bald vereinzelt, bald in dichteren Ansammlungen vorhanden ist. In der angeführten Fig. 7, wo einer der beiden Kerne — vielleicht ein schon verschmolzener Spermium-Eikern — zu sehen ist, liegt neben demselben ein dunkel gefärbter Kornklumpen, welcher offenbar einem Zentrosom entspricht. Hier und da im Präparate bemerkt man ausserdem in den dickeren Partien des Mitoms dunklere, graue Substanzteile, welche bis auf weiteres als dem Paramitom angehörig angesehen werden können, nämlich die Substanz, welche im normal gestalteten Ei das Deutoplasma in sich eingelagert enthält und von dem Mitom um- und durchsponnen ist. Dies geht noch deutlicher aus der Fig. 8 der Taf. XIII hervor, wo diese, hier auch grau gefärbte, von einem dichten Mitom durchsponnene Substanz sich vorwiegend an der Oberfläche angesammelt hat, aber auch im Inneren des Eies in verschieden gestalteten Klumpen gelegen ist. Aus dieser Substanz ziehen indessen auch einzelne, sehr schön zu verfolgende verästelte Fäden des Mitoms durch den hellen Inhaltraum des Eies in verschiedenen Richtungen hinaus. Diesen hellen Inhalt kann ich bis auf weiteres nicht anders auffassen als die zusammengeflossenen hellen homogenen Tropfen (die Sphères homogènes Van Beneden's), und dies um so mehr, als man von diesen Gebilden in den zytolisierten Eiern sonst nichts mehr bemerkt. Ich rechne sie als zu dem Paramitom gehörig. In derselben Fig. 8 der Taf. XIII hat das Deutoplasma sich zu roten Kugeln etwas verschiedener Grösse angesammelt, welche in der Eisubstanz in wechselnder Weise zerstreut liegen. In den etwas weiter vorgeschrittenen Stadien der Zytolyse ist diese Anordnung des Zytoplasmas die Regel. Im Inneren der roten Kugeln bemerkt man oft eine hellere rötliche Farbe. In derselben Fig. 8 erkennt man noch die rotgefärbte zweite Richtungsspindel mit ihren vier Chromosomen, von dem in der beschriebenen Weise angeordneten Mitom und Paramitom umgeben. In der Fig. 9 derselben Tafel (XIII) bemerkt man ungefähr dieselben Verhältnisse der Zytolyse, wie bei dem in Fig. 8 abgebildeten Ei, nämlich einen grossen, hellen, homogen erscheinenden Raum des Paramitoms mit dem ihn in verschiedener Weise und Dichtigkeit durchspinnenden Mitom mit seinen verästelten, gekörnten Fäden und schliesslich die kugeligen oder oval gestalteten Deutoplasmakörper von sehr wechselnder Grösse. In den grössten von diesen Körpern erkennt man oft einen hellen, nur schwach rötlich gefärbten Raum, in welchem rötliche Körner oder Fädchen oft wahrnehmbar sind. Solche Körper sind offenbar schon von einigen Autoren gesehen und geschildert worden, und zwar in Eiern, die sie für normal gestaltet hielten. So weit ich aus den Beschreibungen und Abbildungen zu ersehen vermag, scheint es in der Tat, als ob man nicht selten zytolisierte Eier von Ascaris als normal beschaffene aufgefasst habe. Weil man sie so oft nur mit Karmin gefärbt hat, um das Verhalten der Chromosomen zu erforschen, und der Protoplasmastruktur nur wenig Aufmerksamkeit schenkte, so ist es indessen im allgemeinen recht schwer, die Darstellungen der betreffenden Autoren genauer zu kontrollieren.

In derselben Fig. 9 der Taf. XIII sieht man aber noch dazu eine sehr dünne Membran das ganze, inner-

halb der äusseren homogenen Hülle befindliche Ei umgeben, indem sich diese dünne Dottermembran von dem Eiinhalt und zugleich von der äusseren Hülle fast ganz abgetrennt hat. An den normal gestalteten, nicht zytolysierten Eiern ist diese dünne Membran schwerer zu demonstrieren, falls man nicht als solche die innerste, sehr dünne Lamelle an der Innenfläche der äusseren dicken Hülle oder Kapsel aufzufassen hat. Dagegen bemerkt man stets an der Oberfläche des eigentlichen Eies eine dünne Oberflächenschicht mit gekörnten Fäden des Mitoms, welche Schicht aber mit der Eisubstanz innig zusammenhängt.

Die hier also beschriebenen Formen der Zytolyse im Ascarisei dürften hinreichen, um die Natur dieser Veränderungen nachzuweisen. Sie können aber auch als eine Art Analyse der Struktur des Eiinhalts und ganz besonders des Protoplasmas dieses Eies dienen und zur Erläuterung dieser Struktur in normalem Zustand wesentlich beitragen.

Aus der hier oben gegebenen Darstellung will ich nun einige der wichtigeren Ergebnisse zusammenstellen und dabei ganz besonders die beiden Hauptpunkte der Untersuchungen — *das Verhalten der Kerne des Eies und des Spermiums* in den verschiedenen Stadien der Befruchtung und der ersten Entwicklung nach derselben bei der Behandlung mit dem *Ehrlich-Biondi'schen Dreifarbengemisch*, sowie die *Struktur des Eiprotoplasmas* — in kurzgefassten Momenten behandeln.

1. Infolge der Beschaffenheit des mir zugänglichen Materiales muss ich mit dem Zustand des Eies anfangen, in welchem das Keimbläschen des Eies die erste Richtungskörperspindel gebildet hat. Die Chromosomenstäbchen nehmen in diesem Stadium durch das Biondigemisch eine intensiv *blaugrüne* Farbe an und behalten dieselbe noch nach der Abgabe des Richtungskörpers. In den beiden Richtungskörpern behalten die Stäbchen diese Farbe, so lange diese Körper noch nachweisbar sind. Die im Ei zurückbleibenden zwei Stäbchen, welche als Chromosomen in den Eikern eingehen, färben sich auch noch einige Zeit blaugrün; dann erbleicht allmählich diese Farbe und geht in eine *rötliche* über, wobei die Chromosomen in kleinere Körner zerfallen. Der anschwellende »ruhende« Eikern enthält dann einige Zeit *nur rot* sich färbende Körner und feine Stränge.

Ungefähr, aber nicht immer ganz, gleichzeitig geht im Spermiumkern eine ähnliche Veränderung vor sich, indem derselbe, zuerst deutlich in zwei Chromosomenstäbchen geteilt und sich mit einem allmählich anschwellenden Kernraum und einer Membran umgebend, bald seine grüne Farbe verliert und dann *nur rötlich* sich färbende Körner und Faserstränge enthält.

Allmählich tritt nun in den beiden, sich aneinander legenden Kernen eine neue Veränderung des Färbungsverhaltens ein. *Blaugrüne* Körner treten in ihren Fasersträngen auf und vermehren sich immerfort, um dann zu allmählich dicker werdenden Strängen überzugehen, welche zuletzt in jedem der beiden Kerne zwei lange und dicke blaugrüne, schlingernde Bänder bilden. Bei der schliesslichen Verschmelzung der beiden Kerne stellen diese Bänder dann die vier blaugrünen Chromosomen dar, welche sich der bald entstehenden Teilungsspindel anlegen und nach ihrer Längsteilung zu zwei gleichen Gruppen nach den beiden Spindelpolen ziehen.

Hier tritt aber bald wieder eine Veränderung der Färbbarkeit der Chromosomensubstanz ein, indem die vier Bänder, die in eine Menge kleiner Körner zerfallen, erbleichen, die blaugrüne Farbe verlieren und sich immer mehr rötlich färben. Während sich nun der Eikörper selbst in zwei Zellen teilt und jeder der beiden Hälften des geteilten Kerns einen Kern in diesen Zellen bildet, entstehen aus den genannten, mit rot gefärbten Körnern und Fasersträngen versehenen Kernteilen zuerst vier Bläschen, die allmählich in jeder der beiden Zellen zu einem grösseren Kern verschmelzen, welcher sehr oft die längst bekannten Ausläufer darbietet und sich nur rot färben lässt.

Dann tritt von neuem eine Veränderung der Färbbarkeit im Biondigemisch ein, indem in jedem Kern wieder *blaugrüne* Körnchen auftreten, welche sich zu allmählich stärker werdenden Strängen oder Bändern ansammeln, um zuletzt in jedem Kern vier schlingernde *blaugrüne* Chromosomenstäbchen zu bilden.

Hiermit ist wieder ein neuer Teilungsakt eingeleitet, welcher in ganz ähnlicher Weise vorsichgeht wie der erste, und zwar mit gleichen Veränderungen der Färbbarkeit in den entsprechenden Teilungsstadien, weshalb ich dieselben hier nicht zu verfolgen brauche.

Erst in den höheren Morula-, vor allem aber in den Blastula- und Gastrulastadien findet man, dass die Zellkerne in der Regel die blaugrüne Färbbarkeit nicht verlieren, sondern sie, obwohl etwas bleicher, auch in den Ruhestadien behalten. In dem Spindelstadium der Teilungen werden aber auch in diesen die Chromosomen noch schärfer blaugrün gefärbt.

Die beschriebenen Färbbarkeitsverhältnisse der Ascariseier im Biondigemisch stimmen also im ganzen mit den von mir bei den Echinodermen-Eiern geschilderten überein. Hinsichtlich der Deutung dieser merklichen Verhältnisse werde ich unten auf diese Probleme noch einmal zurückkommen.

2. Hinsichtlich der *Protoplasmastruktur* des Zellkörpers der Ascariseier schliessen sich die Ergebnisse meiner Untersuchungen weit mehr der alten Auffassung von Ed. Van Beneden und Carnoy, als denen der meisten neueren Forscher (v. Erlanger, Meves u. a.) an. Eine Wabenstruktur im Sinne von Bütschli kann ich jedenfalls nicht anerkennen. Die Zellsubstanz besteht nach meinen Befunden aus einer unstrukturiert erscheinenden, hellen Grundsubstanz, welche ich als das *Paramitom* Flemming's betrachte, sowie aus feinen, in diesem in verschiedenen Richtungen verlaufenden Fäserchen, in welchen kleine Körnchen aufgehängt sind. Dieses feine gekörnte Fasergerüst, welches offenbar schon längst von Van Beneden gesehen und beschrieben worden ist, welches dem *Mitom* von Flemming entspricht, ist aber nicht, wie Van Beneden gemeint zu haben scheint, im eigentlichen Sinne *netzförmig* mit den von ihm als *Mikrosomen* bezeichneten Körnchen in den Knotenpunkten des Netzes, sondern besteht aus einem *Geflecht* von hier und da dichotomisch verästelten Fäserchen, denen die Körnchen eng angeschlossen sind. Man kann diese Fäserchen bei geeigneter Fixierung und Färbung der Präparate oft auf längere Strecken verfolgen und sieht sie sich dann hier und da dichotomisch verästeln.

Bei der *Zytolyse* der Eier gelingt es ganz besonders schön, dieses Fasergerüst zu studieren und die einzelnen Fäserchen weit zu verfolgen.

In der Grundsubstanz findet man dann noch die von Van Beneden beschriebenen hellen Tropfen verschiedener Grösse und die Deutoplasmapartien, welche letztere sich im Eosin und im Biondigemisch stärker rötlich färben als die genannten Tropfen und von dem Mitomgerüst umsponnen und durchsponnen sind, während die Tropfenräume solche Fäserchen nicht enthalten, sondern nur in ihren Umkreisen von denselben umgeben sind.

In Betreff der in letzterer Zeit so viel besprochenen Frage von den »*Mitochondrien*«, resp. den *Chondriomiten*, *Chondriosomen*, *Plastosomen*, *Plastokonten* oder *Plastochondrien* verweise ich auf meine hier oben geäusserten Ansichten, indem ich *alle* diese Bezeichnungen als unnötig, ja sogar irreführend und für die Wissenschaft schädlich betrachte. Ehe man die Natur dieser sicherlich sehr wichtigen Zellelemente noch viel besser kennt, ist es gar zu früh, sie mit einer Reihe von neuen spezifizierenden griechischen Namen zu bezeichnen. Es ist gewiss richtiger, die alten Benennungen Flemming's und Van Beneden's, resp. Altmann's bis auf weiteres zu behalten. Sonst geht es, wie es Meves selbst geschehen ist, dass man auf weiten Umwegen zu dem Schluss gelangt, dass die neuen Termini technici wesentlich nur neue Namen für schon längst benannte Sachen sind, oder wie Koll. Meves neulich selbst zugestanden hat: »*Die Chondriokonten sind mit den Fila* Flemming's, *die Mitochondrien oder Plastochondrien mit den Körnern* Altmann's *identisch*«.

Ich habe diese Bemerkungen hier von neuem gemacht, nicht um die Verdienste des genannten hochverdienten Histologen zu schmälern, sondern teils um die Priorität seines hingeschiedenen grossen, echt kritischen Kieler Lehrers aufrecht zu halten, teils und besonders auch deshalb, weil in der späteren Zeit, wesentlich auf der Autorität von Benda und Meves fussend, eine Schule von jüngeren Forschern entstanden ist, welche die »Mitochondrienlehre« mehr oder weniger unkritisch weiter führt und unreife Forschungsfrüchte einsammelt und verbreitet. Es ist dies meiner Ansicht nach eine Gefahr für die Wissenschaft, weil die betreffende Erforschung eines so hochwichtigen Gebietes von vorausgefassten Theorien und Meinungen frei sein muss, wenn man zu gesicherten Ergebnissen gelangen will. Hier ist gewiss eine ganz vorurteilsfreie Forschung nötig.

Im Zusammenhang mit der Frage von der Protoplasmastruktur des Ascariseies will ich aber noch in dieser Zusammenfassung der Ergebnisse betonen, dass man hinsichtlich der Deutung der mit den Spermien in das Ei hineinlangenden grossen Protoplasmakörner, welche Meves, wie früher schon die Gebrüder Zoja, näher verfolgt hat, noch vorsichtig sein möchte. Diese Körner dürften meiner Ansicht nach von ganz anderer Natur sein, als die im Eiprotoplasma vorhandenen Mitomkörnchen oder Mikrosomen, welche den Fila Flemming's angehören. Diese Spermiumkörner können vielleicht — oder wahrscheinlich — den von Brunn'schen Körnern anderer Spermienarten homolog sein und eine Art spezifizierter Protoplasmakörner, also »Mitochondrien« im ersten Sinne Benda's darstellen, die nicht Fasern (Fila) anhängen. Eine »Verschmelzung« dieser Körner der Spermien mit je einem Mitomkern des Eiprotoplasmas, wie Meves »theoretisch« annimmt, habe ich nie bestätigen können. Man sieht sie nur sich im Eiprotoplasma distribuieren, um sich schliesslich den Blicken zu entziehen.

4.

Untersuchungen an Eiern von verschiedenen Wirbellosen und Wirbeltieren.

Taf. XIV—XX.

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen an den Eiern von einigen Echinodermen und von Ascaris megalocephala, über welche in den obigen Abteilungen 2 und 3 berichtet worden ist, habe ich die entsprechenden Erscheinungen hinsichtlich der Struktur und der Farbenreaktion auch bei Eiern von verschiedenen anderen Tieren studiert. Von diesen habe ich hier die Eier von folgenden Tieren zu einer mehr oder weniger eingehenden Besprechung ausgewählt, nämlich von den *Wirbellosen*, als einen Vertreter der Klasse der Tunicaten, die in dieser Beziehung schon mehrmals untersuchte *Ascidia intestinalis* L. und ausserdem noch die Actinie *Sagartia viduata* (O. F. Müller), die Discomeduse *Aurelia aurita* L., den Gephyré *Priapulus caudatus Lam.*, den Crustacé *Astacus fluviatilis* L., sowie die Insekten *Pieris brassicae* (L.) und *Musca vomitoria* L. Von *Wirbeltieren* wurden folgende ausgewählt: den Leptocardier *Amphioxus lanceolatus* Yarrell, den Cyclostom *Myxine glutinosa* L., den Selachier *Squalus acanthias* L., den Teleostier *Gobius niger* L., den Urodel *Molge cristata* Laur., den Vogel *Coloeus monedula* (L.) und den *Mensch.*

Um die betreffende Darstellung möglichst beschränken zu können, habe ich hierbei auch hauptsächlich die vorliegenden Fragen, nämlich die *Struktur des Protoplasmas der Eier* und *das Verhalten derselben bei der* Behandlung mittelst der *Biondifärbung* besprochen, und zwar vor allem hinsichtlich der Eier von Ascidia intestinalis und *Gobius niger.* Die Eier der Ascidia repräsentieren eine Eisorte, welche in mehrfacher Beziehung eigentümliche, aber auch für die Lebenserscheinungen des Eies im allgemeinen sehr interessante Verhältnisse darbietet. Die Eier des Teleostiers Gobius niger stellen in selten prägnanter Weise ein erläuterndes Objekt zum Studium der feineren Struktur des Zellprotoplasmas dar. Betreffs der Eier der übrigen hier zu besprechenden Tiere werden die fraglichen Verhältnisse nur möglichst kurz behandelt.

A. Die Eier von Ascidia intestinalis L.

(Ciona canina O. F. Müller).

Taf. XIV—XV.

Die Eientwicklung dieses Tieres, welche schon seit lange von einer Reihe bedeutender Forscher der Gegenstand mehr oder weniger umfassender Untersuchungen gewesen ist, wurde in der allerletzten Zeit von neuem und mittelst der modernen Technik von Julius Schaxel [1]) eingehend studiert. Weil dieser Forscher in seiner Abhandlung eine historische Übersicht über die Arbeiten der Vorgänger gibt, kann ich hier auf dieselbe hinweisen. Einige Angaben dieser Autoren werde ich indessen unten berühren.

[1]) Julius Schaxel, *Die Morphologie des Eiwachstums und der Follikelbildungen bei den Ascidien. Ein Beitrag zur Frage der Chromidien bei Metazoen.* Archiv f. Zellforschung, 4. Band, 1910.

Hier will ich jedoch die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen Schaxel's anführen und dabei vor allem die Hauptmomente wiedergeben. Am Ei der Wachstumsphase unterscheidet Schaxel hinsichtlich des Keimbläschens *drei Bildungsphasen*, zwischen welchen jedoch keine scharfen Trennungen existieren, nämlich den Knäuelzustand des fädigen Chromatins, den Netzzustand des aufgelockerten Chromatins, in welchem eine starke Chromatinemission aus dem Keimbläschen in das Zytoplasma eintrifft, und den Zustand des fädiggeformten Chromatins. »Im ersten Stadium«, sagt Schaxel, »in dem der Kern, ohne an Umfang zu gewinnen, nicht allzu lange verharrt, findet sich der chromatische Inhalt in Fadenform aufgeknäuelt. Daran schliesst sich ein allmähliches Wachstum des Kerns, indem zuerst das Chromatin bei seiner Verteilung auf einem achromatischen Netz einen ansehnlichen Nucleolus bildet und reichlich Chromatin emittiert, dann den Nucleolus allmählich wieder rückbildet, während das Karyochromatin Fadenform annimmt, um schliesslich bis auf die Chromosomen der Reifungsspindel der Auflösung zu verfallen.« Die drei genannten Phasen stehen in innigstem Zusammenhang mit dem Verhalten des Eikörpers. In der ersten Phase ist das Plasma schwach färbbar, bei reiner Eisenhämatoxylinfärbung z. B. überhaupt nicht zu sehen, da es für Kernfarben gar keine Affinität besitzt. Bei Färbung mit Boraxkarmin, deutlicher mit Eosin oder Lichtgrün, zeigt sein optisches Bild eine zierliche Schaumstruktur. Das Eiplasma befindet sich hierbei im »*Zustande der primären Achromasie*«. Die danach eintretende *Chromatinemission* in das Plasma durch die Kernmembran geschieht nicht durch nachweisbare Risse und Auflösungen der letzteren; man kann also nicht von einer »Auswanderung von Chromidien« sprechen, sondern die chromatische Substanz »scheint in feinster Verteilung zur Kernmembran zu gelangen, diese zu durchdringen und durch sie ausgeschieden zu werden, so dass sie dann dem Kern eine Zeitlang kalottenartig aufsitzt. Die Chromatinemission dauert ununterbrochen an, bis sie an Intensität abnimmt und schliesslich aufhört.« Es wurde nur diese eine Chromatinemission beobachtet; im weiteren Eiwachstum findet keine mehr statt. »Wenn der Kern aufhört, Chromatin zu emittieren und sein Inhalt in die dritte Phase, die der fädigen Bildungen, eingeht, ist das Plasma so dicht mit chromatischer Substanz erfüllt, dass seine anfänglich deutlich wahrnehmbare Struktur durch die Überlagerung mit opaken Massen kaum noch erkennbar ist. Der Eikörper befindet sich im *Zustand der Chromasie.*« Im letzten Stadium desselben findet man, dass »das Chromatin so im Zellplasma verbreitet ist, dass überall die durch die plasmatische Schaumstruktur bedingten hellen Lumina auf dünnen Schnitten zwischen den chromatintragenden Wabenwänden im optischen Bild sichtbar werden. Dann tritt die Dotterbildung und das Auftreten der bekannten Testazellen ein. Etwa gleichzeitig bemerkt man die Abnahme des Plasmachromatins. Die ersten Dotterspuren finden sich nicht in besonderer Nähe des Kerns, wie oft angegeben wird, sondern sind im Plasma unregelmässig verbreitet. Der Dotterbildung folgt das Eiwachstum. Der peripherische Chromatinmantel verschwindet indessen nicht, sondern bleibt als Rest übrig. Sonst hat zuletzt, als das Keimbläschen seine Auflösung erleidet und die Dotterbildung vollendet ist, das Ei ein durchaus achromatisches Aussehen. »Es befindet sich im Zustand der *sekundären oder vitellinen Achromasie.*« Was die *Follikel* der Ascidieneier betrifft, so verdanken sie abortiven Eiern ihren Ursprung. Die Follikelzellen vermehren sich ziemlich rasch und bilden bald eine kontinuierliche Schicht um das Ei. »Zu beiden Seiten einer ununterbrochenen *Follikelschicht* liegen diskontinuierlich einzelne Zellen, die sofern sie aussen liegen, als *äussere* Follikelschicht bezeichnet werden, im Gegensatz zu der primären mütterlichen, von der sie abstammen und die nunmehr die *innere* heisst, — sofern sie im Ooplasma oder wenigstens in dieses eingedrückt sich befinden, nichts anderes vorstellen als die sogenannten *Testazellen.*« Die Zellen der Follikelschichten vermehren sich nicht durch Mitose — keine solche liess sich dartun —, sondern dies muss amitotisch geschehen. Nach aussen von der Schicht der Testazellen entsteht eine membranöse Bildung, das sogenannte Chorion, vermutlich durch Ausscheidung. Die Testazellen nehmen das restierende Chromatin aus der Randschicht in sich auf und werden von ihm angefüllt. Diesen Prozess deutet Schaxel als Phagozytose. »*Die Testazellen invahieren, beladen sich mit restierendem Plasmachromatin, werden ausgestossen und verfallen der Degeneration.*«

Was nun zuletzt die Bedeutung der Chromatinemission betrifft, fasst Schaxel sie wesentlich derart auf, »dass man sie ungezwungen als Goldschmidt'schen Chromidialapparat bezeichnen kann. Welchen Anteil dieser Apparat qualitativ, also chemisch an der Dotterbildung nimmt, ist morphologisch nicht feststellbar. Seine quantitative Beteiligung ist eine ganz offenkundige. Aber nicht das gesamte Chromatin erschöpft sich in der Dotterbildung«. Der Rest wird von den Testazellen aufgenommen und aus der Eizelle ausgestossen. Es spielt somit hier ein regulativer Vorgang herein, indem überschüssiges Chromatin entfernt wird. »Wir werden also«, sagt Schaxel, »gern mit Goldschmidt in den Chromidien Äusserungen der Zell- bzw. Kerntätigkeit bei der Bildung eines wichtigen Produktes sehen. Kein Zwang besteht aber, diesen Chromidialapparat dem Eikern, dem er entstammt,

als äquivalentes Analogon gegenüberzustellen.» Wir kennen vielmehr nun zwei deutliche morphologische Änderungen von Beeinflussung der chemisch unendlich komplizierten, prinzipiell aber doch einzigen und einheitlichen Kernsubstanz auf das Plasma — *die Chromosomen bei der Zellteilung und die Chromidien im Individualleben der Zelle, d. h. zwischen zwei Teilungen.* Das gilt zunächst für die Metazoenzelle.

Wenn ich nun nach dieser Darstellung der Befunde und Ansichten Schaxel's, welche, wenn sie sich als wahrhaft erweisen, gewiss von grosser Bedeutung für die Zelllehre sind, zu der Beschreibung meiner eigenen Befunde übergehe, so werde ich zunächst die mittelst der Heidenhain'schen Hämatoxylinmethode gewonnenen Bilder schildern, um erst nachher die mit der Biondi'schen Methode erhaltenen zum Vergleich anzuführen. Die Fixation des Materials geschah teils mit Sublimatlösungen, vor allem mit der Zenkerschen Flüssigkeit, ausserdem auch vielfach mit dem Carnoyschen Gemische und mit Pikrinessigsäure. Durch alle diese Fixationsmethoden bekam ich untereinander sehr übereinstimmende Resultate. Die Flemmingsche und die Hermannsche Flüssigkeit lieferten ebenfalls z. T. interessante Bilder. Wie oben schon betont worden ist, will ich das hinsichtlich der Eientwicklung der Ascidien schon längst Bekannte nur in den Punkten, die für die Darstellung meiner eigenen Befunde wichtig sind, berühren.

Bekanntlich hat man seit recht lange in der Entwicklung der Ovarialeier gewisse verschiedene Stadien unterschieden. Dies ist auch hinsichtlich der Eier der Ascidien geschehen. Man hat sie aber nicht in gleicher Weise aufgefasst und auch keine eigentlichen Grenzen zwischen ihnen angeben können, da sie allmählich ineinander übergehen. Die neueste Einteilung in Stadien ist die oben angeführte von Schaxel, welche besonders die von ihm beschriebene Chromatinemission berücksichtigt. Ein anderer Einteilungsgrund wäre die Dotterbildung, nämlich in eine Periode vor derselben, eine zweite Periode während derselben und eine dritte nach dem Abschluss derselben. Bei den Ascidieneiern könnte auch das Verhalten der Testazellen berücksichtigt werden. Ich will aber hier keine solche besonderen Einteilungen anwenden, sondern lieber die ganze Entwicklungsfolge als eine zusammenhängende betrachten.

Die ganz jungen und kleinen Eier, welche bekanntlich dicht an der Wand der Ovarialsäcke liegen und an Vertikalschnitten gewöhnlich eine allmählich anwachsende Grösse darbieten (Fig. 1 der Taf. XIV), zeigen sich als unregelmässig runde oder rundlich-eckige Körper, mit hellem Protoplasma, in welches nur vereinzelte, kurze, durch Hämatoxylin gut färbbare, körnige Mitomschlingen eingelagert sind, und mit einem rundlichen oder etwas ovalen Kern, in dem ein kleiner rundlicher Nucleolus, aber keine oder sehr wenige Chromatinkörnerschlingen nachweisbar sind. Erst in den etwas mehr vergrösserten jungen Eiern dieser Kolonien (Fig. 1, nach unten hin, und Fig. 2 der Taf. XIV) findet man immer reichlichere Mitomschlingen im Protoplasma und sich allmählich vermehrende Chromatinkörnerschlingen im Keimbläschen sowie eine verhältnismässig starke Vergrösserung des Nucleolus. Das Mitom ist sehr charakteristisch und bietet vollständig denselben Charakter wie das Mitom anderer junger Eier (z. B. bei Echinus, Asterias, Modiola, Pecten u. s. w.). Schaxel scheint dasselbe in den jüngeren Ascidieneiern nicht bemerkt zu haben. Dagegen haben wohl mehrere andere frühere Forscher diese Mitomschlingen mehr oder weniger deutlich vor Augen gehabt. So sagt Floderus [1]) in seiner gründlichen Arbeit über die Bildung der Follikelhüllen bei den Ascidien: »Das Protoplasma der jüngsten Eier ist hell und durchsichtig mit zerstreuten Körnchen in einer hellen Zwischensubstanz. In einem etwas späteren Stadium nehmen die Körnchen an Zahl zu und verleihen dem Plasma ein feingranuliertes Aussehen.» Offenbar hat er die Körnchen des Mitoms, die »Mikrosomen», gesehen, obwohl er hier die sie verbindenden Fäden nicht bemerkte. Bluntschli [2]) beschreibt dann die fraglichen Körnchen eingehender. In den noch ganz jungen Eiern fand er im Ooplasma kleinste solche Bildungen, »welche eine starke Affinität zu Hämatoxylin und Safranin aufweisen (basophile Körnchen), dazwischen eine netzige oder wabige Grundsubstanz, welche sich mit Eosin leicht tingiert, und schliesslich farblose Partien — offenbar Flüssigkeitsvakuolen — die in das Netz der Zwischensubstanz eingelagert sind. Das Bild wird mit der Grössenzunahme der Oocyten deutlicher, die basophilen Körnchen — die Kornsubstanz Floderus' — werden grösser und stellen jetzt bald rundliche, bald ovale Gebilde dar, sind öfters grüppchenweise aneinandergelagert ... Meines Erachtens», sagt Bluntschli, »gehören sie zu den weitverbreiteten basophilen Granula der Evertebrateneier, die so oft gefunden, so wenig in ihrer Bedeutung erforscht wurden, und so möchte ich sie den Mikrosomen Hertwig's (93) oder den damit identischen *Cytosomen* Prenant's (99) gleichstellen, sie auch mit diesen Namen belegen oder im Hinblick auf Veränderungen und Wandlungen, die sie später erleiden, schon als *Mitochondrien* nach dem Vorgang Benda's (98) be-

[1]) Matts Floderus, *Ueber die Bildung der Follikelhüllen bei den Ascidien.* Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 61. Band, 1896.

[2]) H. Bluntschli, *Beobachtungen am Ovarialei der Monascidie Cynthia microcosmus*, Gegenbaur's Morphologisches Jahrbuch, 32. Band, 1904.

zeichnen . . . Nach den geschilderten Stadien kommt nicht mehr ein weiteres Wachstum der Cytosomen, sondern ein ziemlich rasch einsetzender Zerfall derselben, ein Kleinerwerden Hand in Hand mit einer starken Vermehrung ihrer Anzahl zustande. Jetzt erfüllen sie zunächst als *feine Körnchen*, dann mit Vorliebe zu mehreren in einer Reihe aneinandergeschmiegt und so kleinste *Fädchen* darstellend, das ganze Cytoplasma, welches in seiner Grundmasse ein vollkommen homogenes Aussehen bekommen hat.»

Ich habe diese Äusserungen Bluntschli's wörtlich hier angeführt, weil aus ihnen offenbar hervorgeht, dass er die Körnchen, die Mikrosomen, des Mitoms der jüngeren Ascidieneier gesehen und sie sogar reihenweise zu »kleinsten Fädchen» angeordnet gefunden hat. Er scheint indessen nicht die dabei die Körnchen verbindende Fadensubstanz bemerkt und auch nicht gesehen zu haben, dass diese Körnchen schon in den jüngsten Eiern, in denen man sie findet, stets einem solchen Fadengeflecht, einem Mitom, angehören. Die von ihm beschriebene Vergrösserung und der folgende Zerfall der Körnchen erklären sich am leichtesten als eine gruppenartige Ansammlung und spätere Trennung der Körnchen.

Die grösseren Eier in meinen Figuren 1 und 2 der Taf. XIV zeigen schon eine sehr charakteristische Ausbildung des Mitoms, mit oft auf längere Strecken verfolgbaren körnigen Fasern, welche jedenfalls nicht netzförmig zusammenhängen, hier und da aber, obwohl nicht besonders oft, sich dichotomisch teilen und, so lange das helle Paramitom oder die Interfilarsubstanz, worin sie eingebettet sind, verhältnismässig reichlich ist, ganz schön und deutlich hervortreten. In der Natur selbst, in den Präparaten, ist dies stets noch weit mehr der Fall, weil man sie durch Heben und Senken des Mikroskoptubus perspektivisch verfolgen kann, was dagegen in den Abbildungen so feiner Fäden sich kaum wiedergeben lässt.

Als ich dann die folgenden Stadien durchmusterte, in welchen sich die Eier immer mehr vergrössert hatten, so fand ich nicht nur eine der Eigrösse im allgemeinen proportionelle Vergrösserung des Keimbläschens und dessen Kernkörperchens sowie eine mehr oder weniger starke Vermehrung der gekörnten Chromatinschlingen im Keimbläschen; sondern gewahrte auch im Eiprotoplasma selbst, dem Zytoplasma, eine ganz auffallende Vermehrung der sich durch Hämatoxylin färbenden Substanz. Es wäre vielleicht von Interesse gewesen, eine ganze Reihe solcher Eier von anwachsender Grösse nebeneinander wiedergegeben zu haben. Ich musste mich aber damit begnügen, in den Fig. 3, 4 und 5 der Taf. XIV drei solche Eistadien darzustellen. Man findet in ihnen eine starke Vermehrung des eigentlichen mitomähnlichen Fadengeflechtes; aber dazu kommt noch an dem einen Umfang des Eikörpers eine auffallende Schwarzfärbung des Protoplasmas. Diese Färbung ist oft so intensiv, dass man in der fraglichen Partie kaum eine Struktur (Fig. 3, 4) oder, in den noch grösseren Eiern, nur eine Andeutung zu einer solchen bemerkt. In den einzelnen Eiern ist diese Färbung indessen verschieden stark. Es scheint, als ob die gesamte Substanz der betreffenden Partie die Farbe aufgenommen hätte; sie beruht offenbar nicht auf einer so dichten Anhäufung des Mitoms; das Paramitom scheint also auch gefärbt zu sein. Überall in den Präparaten sieht man solche Eier einzeln oder gruppenweise liegen. In den Ascidienovarien trifft man ja bekanntlich die Eier in den verschiedensten Entwicklungsstadien zerstreut. Von einer schwachen Differenzierung hängt diese starke Färbung nicht ab.

An solchen Eiern erkennt man dann noch den ersten deutlichen Anfang einer sog. Follikelhülle, und zwar in der Gestalt einer dünnen Haut mit an ihr gelagerten platten Kernen, welche im queren Durchschnitt sich als schmale, ovale, in spärlicher Anzahl vorhandene Gebilde zeigen (Fig. 3, 4). An den grösseren Eiern dieser Art sind diese Kerne schon zahlreicher und erweisen sich als zu körnigen Zellen gehörend, welche unter der genannten Haut liegen und in das Protoplasma des Eies als flache Hügel hineinragen (Fig. 5). Diese Zellen der Hülle haben sich offenbar vermehrt, obwohl man in den Präparaten nie eine Mitose derselben wahrnimmt.

In den bisher hier besprochenen Ausbildungsstadien findet man noch keine *Dotterkörner*. Diese treten erst in den danach folgenden Stadien auf. Durch die Eosinfärbung erhält man dann in den Hämatoxylin-Eosinpräparaten rötlich gefärbte sphärische Körner, welche in der Regel zuerst in der den Kern umgebenden Zone, zuweilen aber auch weiter davon entfernt einzeln oder gruppenweise auftreten und in Maschen des Mitoms gelegen sind. In den Fig. 6 und 7 der Taf. XIV sieht man diese roten Körner zwischen den feinen Fäden des Mitoms. Ihre Anzahl vermehrt sich dann ziemlich schnell, so dass sie in den folgenden Stadien immer mehr die Mitommaschen voneinander drängen und erfüllen (Fig. 9, 10, 13, 14 der Taf. XIV). Man sieht dann die schwarz gefärbten gekörnten Fäden die zwischenliegenden kleinen hellen Paramitomräume, in denen die roten Dotterkörner liegen, in verschiedenen Richtungen umspinnen. Die Abbildung in Fig. 14, in doppelter lineärer Vergrösserung des mit Zeiss' Apochrom. 2 mm Apert. 1,30 Komp. Ok. 12 gelieferten Bildes, gibt hiervon eine deutlichere Auffassung als die anderen Figuren, welche nur das eigentliche Mikroskopbild (nicht in doppelter lineärer Vergrösserung) darstellen. An

der Peripherie des Eies bleibt indessen eine Schicht lange Zeit von Dotterkörnern frei (Fig. 9 und 10). Erst in den reifen Eiern wird auch diese Schicht grösstenteils von solchen Körnern angefüllt (Fig. 13 und 14).

Was die Herkunft der Dotterkörner betrifft, welche man in verschiedener Weise gedeutet hat, und zwar vor allem entweder als durch direkte Umwandlung der Körner der Protoplasmasubstanz oder durch eine Art Ausscheidung aus derselben hervorgerufen, so geben meine Präparate kein ganz entscheidendes Urteil darüber. Nie sah ich aber Zwischenstadien zwischen den genannten Körnern und den Dotterkörnern; alles deutet darauf hin, dass sich die Dotterkörner durch eine Art Ausscheidung aus der Protoplasmasubstanz, und zwar aus dem Paramitom, vielleicht unter Einwirkung des Mitoms, bilden.

Etwa gleichzeitig mit der fortlaufenden Dotterbildung und der starken Vergrösserung der Eier gehen auch wichtige Veränderungen sowohl in dem Keimbläschen und dem Keimfleck wie in den Hüllen vor sich. Die ersteren vergrössern sich kräftig, und die Chromatinfäden vermehren sich. Der Keimfleck zeigt aber bald helle Räume, sogenannte Vakuolen, welche sich vermehren, vergrössern und zusammenfliessen, so dass zuletzt oft ein grosser Binnenraum entsteht, welcher nur von einer mehr oder weniger dünnen Schale von Nuklearsubstanz umgeben ist und in seiner hellen Substanz nur feine, von Eosin gefärbte Fädchen enthält (Fig. 10 der Taf. XIV). Die Membran des Keimbläschens wird allmählich hier und da etwas eingefaltet.

Was nun die Ausbildung der *Eihüllen* betrifft, so sind bekanntlich, besonders hinsichtlich der Testazellen, in den letzteren Dezennien sehr verschiedene Meinungen hierüber aufgestellt und verteidigt worden. Ich will hier nicht auf diese Kontroversen eingehen, um so weniger, als diese Frage nicht zum eigentlichen Gegenstand meiner vorliegenden Untersuchungen gehört. Die Geschichte dieser Frage ist ja auch in neuerer Zeit in den angeführten Arbeiten von Floderus und Bluntschli schon zusammengefasst. Inbetreff der Auffassung von der Entstehung und Ausbildung dieser Eihüllen bin ich übrigens in der Hauptsache zu den gleichen Ergebnissen gelangt, wie die letztgenannten Forscher, vor allem in der Hinsicht, dass die Hüllen nicht von den Eiern selbst, resp. in dem Ooplasma derselben, sondern aus den zwischen den Eiern liegenden kleinen Zellen herrühren, welche gewöhnlich als »abortive Eier» bezeichnet werden. Von den Zellen legen sich schon früh einzelne dicht der Eioberfläche an und bilden die dünne Haut, die ich schon oben erwähnt und z. B. in Fig. 3 der Taf. XIV wiedergegeben habe. Bald vermehren sich diese Zellen und verdicken sich, wobei sie, nach innen von der Haut gelegen, bauchförmig mehr oder weniger in den Eikörper hineinragen (Fig. 5 der Taf. XIV). Dann wächst ihr Zelleib noch mehr; sie werden sphärisch oder oval und schieben sich, einzeln oder gruppenweise, »tropfenförmig» in das Protoplasma hinein. In den Eiern der Ascidia intestinalis bleiben sie jedoch immer, oder fast immer, in der äusseren Randschicht, und zwar mit ihrer Aussenfläche der ursprünglichen Hüllenhaut anliegend (Fig. 6, 7, 9, 10 der Taf. XIV). Diese dünne Haut ist es, welche man gewöhnlich als später gebildet beschreibt und als »Chorion» bezeichnet. Die in das Eiprotoplasma in solcher Weise hineinragenden Zellen, welche man von alters her als »Testazellen» bezeichnet, vermehren sich immerfort — ich habe, wie Schaxel, in ihnen vergebens nach Mitosen gesucht — und bilden bald grössere, kuchenförmige Gruppen (Fig. 10), um schliesslich eine zusammenhängende Schicht darzustellen (Fig. 13, 14 der Taf. XIV), wobei sie sich gegeneinander abplatten und viereckig werden. Lange Zeit liegen sie in die mitomreiche Randschicht des Eikörpers eingelagert; wie dies die angeführten Fig. 6, 7, 9, 10 von der Seite her an Vertikalschnitten der Eioberfläche zeigen. Wenn man diese Fläche von oben, d. h. an Tangentialschnitten betrachtet, so findet man (Fig. 8) die Testazellengruppen, aus aneinanderliegenden, fünf- bis sechseckigen Zellen bestehend, von dem Geflecht des Mitoms rings umgeben; man bekommt in solchen Präparaten, wie oben diese Figur zeigt, oft sehr schöne und klare Bilder des Mitoms. Wenn sie die zusammenhängende Schicht gebildet haben, berühren sie die Randschicht nur mit einer Fläche. Mit der Hämatoxylinmethode färbt sich ihr Protoplasma nur schwach oder nicht; der kleine sphärische Kern nimmt aber die Farbe in seine Chromatinschlingen auf; das Eosin färbt indessen den Zellkörper stark.

Nach aussen von der Schicht der Testazellen und der sie aussen begrenzenden Haut, dem »Chorion», findet man schon ziemlich früh in dem Stadium, in welchem die Dotterbildung anfängt und die Testazellen sich in die Randschicht des Eikörpers hineinsenken (Fig. 6 und 7), die zweite zelluläre Hülle, welche offenbar von den zwischen den Eiern befindlichen kleinen Zellen (den »abortiven Eiern») gebildet worden ist. Die Schicht besteht schon früh aus dicht aneinander gedrückten, grossen, hellen Zellen, welche in ihrem Inneren, gewöhnlich in der Mitte, einen verhältnismässig kleinen, ovalen oder etwas eckig-sphärischen Kern mit einem Kernkörperchen und einigen kleinen Chromatinfäden enthält. Neben diesem Kern trifft man konstant eine kleine Zentrosphäre, die sich mit Eosin rot färbt und gewöhnlich etwas kleiner als der Kern ist; in dieser Sphäre erkennt man konstant

an allen guten Hämatoxylin-Präparaten (Fixierung mit Carnoy, Zenker oder Pikrinessigsäure) ein schönes *Diplosom*, wie die Fig. 6, 7, 9, 13 aus Vertikalschnitten dies zeigen. Die Fig. 11 ders. Taf. (Taf. XIV) stellt die Partie eines Tangentialschnittes der Eioberfläche dar, in welcher man deshalb auch die äusseren Hüllenzellen tangential getroffen findet; diese Zellen sind hier vier- oder fünfeckig und enthalten in ihrem Inneren den Kern und die Zentrosphäre mit dem Diplosom in prägnanter Ausbildung; in der Mitte der Partie erkennt man die von dem Messer getroffene Randschicht des Eies mit ebenfalls tangential getroffenen Gruppen von Testazellen in dem Mitom gelegen. In allen diesen Abbildungen (Fig. 6, 7, 9, 11, 13) ist auch die Struktur der Zellkörper der äusseren Hüllenzellen wiedergegeben. Ringsum die Zentrosphäre erkennt man eine kleine, sternförmig nach den Seiten ausstrahlende Protoplasmazone und rings um dieselbe ein von den Sternarmen ausstrahlendes feines Gerüst, welches sich verästelt und hier nnd da sich wieder vereinigt. Zwischen den also gebildeten, dünnen, mit Eosin färbbaren Plasmastrahlen und von ihnen eingerahmt findet man eine grössere Anzahl heller, vakuolähnlicher, ovaler oder sphärischer, blasen- oder tropfenförmiger Bildungen, welche sich mit Eosin nur schwach färben lassen. Die ganzen Zellen erhalten durch diese Struktur in der Tat ein eigentümlich schaumiges oder wabiges Aussehen.

Nach aussen von dieser äusseren Hüllenzellenschicht, in denen ich trotz der so schön ausgebildeten Diplosomen nie Mitosen finden konnte, fand sich in der Regel noch eine dünne Schicht von platten Zellen mit länglich ovalen Kernen (Fig. 7, 9, 11), welche schon von anderen Forschern (Floderus u. a.) geschildert und abgebildet worden ist. Alle die angeführten Figuren sind nach Zeiss' Apochrom. 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 wiedergegeben, und dazu ist ausserdem die Fig. 7 noch in doppelter lineärer Vergrösserung gezeichnet worden.

Nach dieser Beschreibung der mit Hämatoxylin gefärbten Präparate sollen nun die nach *Ehrlich-Biondi* dargestellten Bilder geschildert und mit jenen verglichen werden. Die Tafel XV gibt eine Auswahl solcher Bilder wieder, welche natürlich im grossen und ganzen dieselben Strukturverhältnisse wiederholen, in mehrfacher Beziehung aber sehr abweichende Einblicke in die Tätigkeit der Eier während dieser ihrer Ausbildung abgeben.

Was zuerst den Zellkörper selbst, das Protoplasma, betrifft, so sieht man in den Biondibildern von seiner Struktur, von dem Mitom, sehr wenig. Im Keimbläschen erhält man dagegen wertvolle Aufschlüsse. Hier, wie in den Eiern im allgemeinen, färben sich sowohl der Nucleolus als die Chromiolenkörner nie grün, blaugrün oder grünblau, sondern *violett*, z. T. rotviolett, und dies schon in den kleinsten Ovarialeiern. Die Fig. 1, 2 und 3 der Taf. XV zeigen oben Reihen von solchen kleinen Eiern in wachsender Grösse: in allen ist der Nucleolus samt der Kernmembran und den noch sehr sparsamen Chromiolen violett gefärbt. In den folgenden Entwicklungsstadien färben sich diese Teile des Keimbläschens auch stets violett, wie die auf derselben Tafel abgebildeten Eier aus verschiedenen Stadien zeigen. In dem Keimbläschen entstehen aber schon früh die von den Autoren erwähnten und ganz besonders von Bluntschli hervorgehobenen »Vakuolen», welche in der gefärbten Nukleolarsubstanz als helle, sphärische Blasen verschiedener Grösse, Anzahl und Lage auftreten und hier und da miteinander zu grösseren Blasen verschmelzen. Schon in den noch wenig entwickelten Eiern (Fig. 1, 6, 8 u. s. w.) sind solche Vakuolen vorhanden; in Fig. 6 ist ein solcher Nucleolus einzeln abgebildet; gewöhnlich ist in den noch höher ausgebildeten Eiern dies noch mehr der Fall (Fig. 10, 12), wobei oft die erwähnte Verschmelzung der Blasen eintritt (Fig. 11); in der grossen blasenförmigen Vakuole des Nucleolus sieht man dann gewöhnlich ein feines, violett oder rötlich sich färbendes Netzwerk, welches vielleicht bei der Fixation entstanden ist.

In dem Eikörper selbst, im Protoplasma, bemerkt man in den jüngsten Eiern, die mit dem Biondigemisch behandelt worden sind, nur eine ganz schwache rötliche oder bläuliche Färbung. In den danach folgenden Stadien (Fig. 3, 4, 5, 7, 8 der Taf. XV) tritt die bläuliche Färbung noch mehr hervor, obwohl sie im ganzen fortwährend schwach ist; an einem Teil des Eiumfangs erscheint aber diese blaue Farbe oft sehr auffallend ausgeprägt (Fig. 1, 6, 7, 8 der Taf. XV); in manchen Präparaten findet man sogar die meisten in diesem Entwicklungsstadium befindlichen Eier an ihrem einen Ende stärker bläulich gefärbt. Die blaue Farbe ist aber offenbar nicht an den eigentlichen strukturellen Teil des Plasmas, das Mitom, gebunden, sondern scheint vielmehr das Paramitom, oder vielleicht beide Substanzen zugleich, zu betreffen.

Ausserdem erkennt man aber im Protoplasma, anfangs nur vereinzelt (Fig. 1, 4), Inseln von rundlichen Körnern, welche meist gruppenweise liegen, und zwar bald mehr in der Umgebung des Keimbläschens (Fig. 6, 7, 8, 9), indem sie in einem Ringe oder Halbringe um dasselbe angeordnet sind, bald weiter im Protoplasma hinaus; diese Körner sind in den Biondipräparaten nicht blau, sonder violett oder rotviolett gefärbt und ähneln in auffallender Weise den Chromiolen in den Strängen des Keimbläschens. Die rötlich violetten Körnchen im Proto-

plasma des Eikörpers vermehren sich fortwährend und bilden bald ein rotviolettes Geflechtwerk im ganzen Eikörper (Fig. 10 der Taf. XV). Vor allem tritt es aber, und zwar in dichter Form, in der Randschicht auf.

In noch späteren Stadien verschwindet allmählich wieder die violette Färbbarkeit dieses Geflechtes, und dies auch in der Randschicht; man erhält nunmehr meist nur ein dichtes, rötliches Geflecht, welches in seinen Maschen die sich nicht oder nur heller färbenden Dotterkörner enthält (Fig. 11, 12 der Taf. XV).

In den reifen Eiern (Fig. 13) behält dieses Geflecht seine rote Färbbarkeit im Biondigemisch; nur die zunächst unter der Testazellenlage gelegene Randschicht färbt sich fortwährend stark violett, vor allem an einem Teil des Eiumfangs.

Nach dieser Besprechung des Keimbläschens und des Protoplasmas in ihrem Verhalten zu der Biondifärbung bleibt noch übrig, die Hüllen zu berühren. An den verhältnismässig jungen Eiern (Fig. 1, 4, 6, 7, 8 der Taf. XV) sieht man die noch dünne Haut mit ihren Zellen sich rötlich färben. Wenn sich die Testazellen ausgebildet haben (Fig. 9, 11, 13), färben sie sich auch rötlich, zuweilen mit einem Anstrich ins Violette. Die äussere Hülle färbt sich immer nur rötlich, indem ihr Plasmanetz und die Zentrosphären, sowie auch die Kerne diese Farbe annehmen (Fig. 11, 13).

Wenn man nun, nach dieser Durchmusterung der mit Hämatoxylin und der mit dem Biondigemisch gefärbten Präparate, die beiden Bilderreihen miteinander vergleicht, so kommt man allmählich zu der Überzeugung, dass die Ergebnisse der beiden Färbungsmethoden nur zum Teil kongruent sind, nur zum Teil die gleichen Strukturen färben und hervorheben. Im Keimbläschen färben sie dieselben Partien, nämlich die Kernmembran, das Chromatinnetz und den Nucleolus. In den Hüllen werden auch dieselben Strukturen von beiden gefärbt, obwohl in den Hämatoxylinpräparaten das Diplosom der Zellen der äusseren Hülle bedeutend schärfer hervortritt als in den Biondipräparaten, in denen es nur ganz undeutlich wahrnehmbar ist.

Die Färbung der Strukturen des Protoplasmas im Eikörper ist aber in den beiden Präparatsorten sehr ungleich und verschiedenartig. In den Biondipräparaten nimmt man, wenigstens in den jüngeren Eiern, kaum oder nur sehr undeutlich das Mitomgeflecht wahr; dagegen tritt hier die obenbeschriebene Blaufärbung oder wenigstens eine bläuliche Tonnuance hervor, und dazu färben sich die sich allmählich vermehrenden rötlich violetten Körnergruppen und Geflechte, deren violette Färbung in den höher ausgebildeten Eiern wieder schwindet, indem das um die hier beinahe nicht oder nur schwach gefärbten Dotterkörner befindliche reichliche Geflechtwerk nunmehr nur rot erscheint.

In den Hämatoxylinpräparaten färbt sich dagegen schon in den ganz jungen Eiern ein scharf ausgeprägtes, obwohl anfangs noch spärliches, Mitom, welches sich allmählich immerfort vermehrt und sehr reichlich wird und die mit Eosin rotgefärbten Dotterkörner umspinnt.

Von Interesse ist die auffallende Schwarzfärbung des einen Umfangs der Eier in einem gewissen Stadium, welches mit der Blaufärbung der Eier in Biondipräparaten ungefähr zusammenfällt.

In welcher Weise lässt sich nun beim Vergleich der beiden Bilder die Deutung derselben geben?

Die Biondibilder sprechen in der Tat für eine *Chromatinbildung*, resp. eine *Chromatinemission* im Sinne Schaxel's, in das Protoplasma hinaus. Mehrere Forscher auf diesem Gebiete haben ja schon vorher erkannt, dass im Protoplasma der Ascidieneier *basophile* Körnchen vorkommen. Schaxel hat ihr allgemeines Vorkommen während einer gewissen Ausbildungsperiode systematisch verfolgt und sie nicht nur als Chromatinsubstanz bestimmter bezeichnet, sondern auch ihre Herkunft aus dem Keimbläschen, resp. dem Keimfleck, zu beweisen versucht. Ich muss gestehen, dass mir von Anfang an diese Lehre nicht als besonders wahrscheinlich erschien, weil ich bei anderen Tiereiern nichts Entsprechendes gesehen hatte. Mir schien es nämlich unannehmbar, dass das von Schaxel mit Eisenalaun-Hämatoxylin dargestellte reichliche Mitomwerk im Protoplasma überall einem emittierten Chromatin entspreche. Dieses gekörnte Mitomwerk habe ich ja im Protoplasma aller der von mir bisher untersuchten Tiereier, und zwar in nur wenig differierender Gestalt, gefunden. Falls in den Ascidieneiern diese Mitomsubstanz aus dem Keimbläschen emittiertes Chromatin sei, dann würde wohl auch für die anderen Eier dieselbe Regel gelten müssen.

Durch die von mir ausgeführte Untersuchung der Ascidieneier mittelst der Biondischen Färbungsmethode wurde nun dargetan, dass man hier zwei verschiedene Prozesse vor sich hat, nämlich *erstens* die Bildung des Mitomwerks, welche schon sehr früh anfängt und früh zur reichlichen Ausbildung dieses Strukturwerks führt, welches auch im reifen Ei in ungefähr gleicher Anordnung zurückbleibt, und *zweitens* die Absetzung in demselben Protoplasma von einer körnigen Substanz, welche sich in dem Biondigemisch *violett* färbt und deshalb aus guten Gründen als *chromatinhaltig* betrachtet werden kann. Diese letztere, basophile und als chromatinhaltig anzusehende

Substanz, welche weit später im Protoplasma abgesetzt zu werden beginnt und auch, nach Schaxel's eigener Ansicht, wieder aus ihm verschwindet, scheint in den Hämatoxylinpräparaten nicht durch eine besondere Färbung hervorzutreten, sondern sich zusammen mit dem eigentlichen Mitomwerk zu färben, so dass sie in den so gefärbten Präparaten leicht für eine und dieselbe Art von Strukturelementen aufgefasst werden können. Nach meinen Befunden sind sie aber ganz verschieden und müssen als *zwei besondere Substanzelemente* aufgeführt werden. Ich hoffe nach fortgesetzten Untersuchungen ein anderes Mal auf diese interessante Frage zurückzukommen. Jedenfalls hat Schaxel das Verdienst, dieselbe zur eingehenderen Nachforschung bei den Metazoen erweckt und auch durch seine Befunde zu einer näheren Eruierung weiter geführt zu haben.

In der hier zunächst folgenden Abteilung komme ich indessen wohl noch einmal etwas auf dieses Problem zurück.

B. Die Eier von Gobius niger L.

Taf. XVI—XVIII.

Unter den Wirbeltieren wählte ich vor allem zur Untersuchung einen Teleostier aus, weil ich mich bei früherer Gelegenheit überzeugt hatte, dass man in den Eiern dieses ein selten reines Protoplasma vor sich hat. Unter den Teleostiern hatte ich auch gefunden, dass die Eier von Gobius niger ein besonders gutes Material liefern. Teils sind diese Eier relativ klein, mit einem relativ beschränkten Dotter, wodurch sie sich viel besser mikrotomieren lassen als die grösseren Eier, z. B. die der Salmoniden, welche hierfür bedeutende Schwierigkeiten darbieten. Teils werden die Eier des Gobius während einer längeren Zeit von den Tieren abgegeben, und zwar auch in Aquarien, weshalb sie an den Steinen, an welchen sie befestigt werden, bequem eingesammelt werden können. Dazu kommt noch der Umstand, dass man in den Ovarien der Tiere Eier von sehr verschiedener Ausbildung findet, wodurch es sehr erleichtert wird, Reihen von Entwicklungsphasen zu bekommen.

Die meisten Untersuchungen an Teleostiereiern sind sonst bei den Salmoniden, aber auch bei anderen Knochenfischen ausgeführt; und es liegt von alters her eine recht ansehnliche Literatur hierüber vor. Von älteren Arbeiten mögen ganz besonders die von W. His vom Jahre 1873 (Ei-Entwickelung von Knochenfischen) und von C. Kupffer vom Jahre 1875 (Entwickelung des Herings im Ei) sowie von M. v. Kowalewski 1886 an Eiern von Goldfischen und Teleskopen hier erwähnt werden. Es folgten dann die Arbeiten von Kupffer: Die Befruchtung des Forelleneies (1886) und diejenigen von Henneguy: Recherches sur le développement des poissons osseux (1888), sowie »Nouvelles recherches sur la division cellulaire indirecte» (1891) und die mit Kupffer's gleich titulierte Arbeit von A. Boehm (1891). Dann erschien im J. 1894 die Abhandlung von H. Blanc »Etude sur la fécondation de l'oeuf de la truite», und im J. 1898 wurden ungefähr gleichzeitig zwei Arbeiten über denselben Gegenstand veröffentlicht, nämlich teils von G. Behrens: »Die Reifung und Befruchtung des Forelleneies» und teils die von W. His: Über Zellen- und Syncytienbildung, Studien am Salmonidenkeim. Im folgenden Jahre (1899) veröffentlichte schliesslich His noch eine Arbeit über diesen Gegenstand: Protoplasmastudien am Salmonidenkeim.

Da indessen die meisten der die Eier der Teleostier betreffenden Arbeiten nicht oder nur wenig ihre feinere Struktur, sondern vielmehr, wie die von Oellacher und R. W. Hoffmann, die Eientwicklung behandeln, werde ich hier nicht eine literarische Übersicht der Angaben und Ansichten der fraglichen Autoren geben, sondern mich darauf beschränken, dasjenige anzuführen, was für meinen vorliegenden Gegenstand von besonderem Interesse ist. In dieser Beziehung stehen die beiden letzten Arbeiten von His, und vor allem die allerletzte, bei weitem oben an, indem er in derselben gerade die *Protoplasmastruktur* in eingehender und meisterhafter Weise behandelt. Als ich im letzt verflossenen Juli die Untersuchung der Gobiuseier in der Zoologischen Station der Schwed. Akademie der Wissenschaften bei Kristineberg ausführte, waren mir die Arbeiten von His nicht zugänglich; als ich sie später im Herbste studieren konnte, erstaunte ich darüber, wie scharfsichtig er im ganzen den Gegenstand durchdrungen hatte. Er hat offenbar die Bauverhältnisse weit schärfer gesehen als seine meistenteils sehr dunklen und undeutlichen, nach Photographien reproduzierten Figuren sie wiedergeben.

Wie die meisten der betreffenden Forscher, hat His die schon reifen und die befruchteten Eier der Knochenfische untersucht. Die sich ausbildenden Eier der Ovarien sind nur ausnahmsweise zum näheren Studium gekommen. In seiner Arbeit vom J. 1898 betont His, wie die meisten der betreffenden Autoren, die merkwürdige

Erscheinung, dass das Protoplasma der eben besamten Salmonideneier sich nach einer Seite des Eies zusammenzieht und dabei sich lebhaft bewegt, um einen Keimhügel zu bilden. Das Protoplasma besteht aus feinen, mit Körnchen besetzten Fäden. Und an einer anderen Stelle sagt er: »Ein feinmaschiges Fadengerüst, mit zahlreichen Microsomen besetzt, bildet die Grundlage».

In der in demselben Jahre erschienenen Arbeit von Behrens liest man über die Struktur des Protoplasmas im Forellenei zur Zeit der Befruchtung folgendes: »Das Protoplasma des Forellenkeimes erschien in allen Stadien in Gestalt eines deutlichen Maschen- oder Netzwerkes feiner Fädchen, welche wiederum an einzelnen Stellen häufig an den Knotenpunkten leichte Verdickungen zeigten. In den früheren Stadien der Befruchtung, wo der Keim noch niedrig ist, war dieses Netzwerk ausserordentlich viel engmaschiger als in den späteren Stadien. Stets fanden sich an der Keimoberfläche die engsten, in der Tiefe die weitesten Maschen.»

Wie erwähnt, ist aber ganz besonders die letzte Arbeit von His über das Forellenei dem Protoplasmaproblem gewidmet. Hier schildert er genauer die Bewegungen des Protoplasmas der ins Wasser ausgegossenen frischen reifen Eier, indem es sich aus dem Dotter zusammenzicht und von ihm trennt, um mit dem Kern an einer Seite des Eies einen allmählich höher werdenden Hügel zu bilden; rings um die Dottermasse bleibt jedoch eine dünne Protoplasmaschicht zurück, welche mit dem Keimhügel zusammenhängt.

In seiner Darstellung der Organisation des Protoplasmas hält sich His an das Protoplasma von Blastomeren der Eier und von jugendlichen Zellen. »An dünnen Schnitten fixirter Keime erscheint das Morphoplasma» — His akzeptierte diese Bezeichnung von Ballowitz, den strukturierten Teil des Protoplasmas betreffend — »als ein sehr zierliches Gerüst, dessen Fäden von kleinen Körnchen, den *Mikrosomen* oder *Plasmosomen*, durchsetzt sind». Die Plasmosomen J. Arnold's »sind längs der Fäden des Gerüstes in mehr oder minder unregelmässigen Abständen vertheilt, man darf daher nicht sagen, dass die Fäden aus aneinander gereihten Körnchen bestehen. Wir haben an ihnen als besonderen Bestandtheil ein *Bindemittel* zu unterscheiden, das wahrscheinlich aus einer zähen, mit dem Hyaloplasma nicht mischbaren Flüssigkeit besteht. Nur unter einer solchen Voraussetzung lässt sich der rasche Wechsel in Form und Vertheilung des Gerüstes einigermassen verstehen». In betreff der Bütschli'schen Lehre von der Schaumstruktur sagt er, dass zwar das Vorkommen echter Vakuolen- und Schaumbildungen im Bereiche mikroskopischer Formen kaum zu bestreiten sei; wie weit aber das Gebiet solcher echter Schaumbildungen reichte, sei weniger leicht zu sagen. »Meinerseits», äussert er, »kann ich es mit der unmittelbaren Beobachtung nicht vereinbaren, dass alle Plasmagerüste und Plasmafäden nur der Ausdruck durchschnittener Wabenwände sein sollen. Man sieht diese Gebilde doch vielfach als Stränge und Fäden, zum Theil als Querschnitte und unter Bedingungen, die eine Verwechselung mit Membranen völlig ausschliessen.»

Das *Morphoplasma* (das Mitom Flemming's) und das *Hyaloplasma* (das Paramitom Flemming's) verhalten sich nicht nur gegen Färbemittel völlig verschieden, sondern auch gegen Fixationsmittel. Die Reagentien, die wir als solche anwenden, koagulieren sämtlich die Eiweisskörper und wirken somit trübend auf Gewebsbestandteile, die eiweisshaltig sind. Das Hyaloplasma bleibt aber dabei klar und durchsichtig; seine Räume erscheinen, als ob sie bloss irgendwelche wässrige Salzlösungen enthalten hätten. »Das ist nun deshalb nicht recht denkbar, weil das lebende Hyaloplasma stark lichtbrechend und auffallend zäh ist . . . Eher darf man an Verbindungen denken, die, den Fetten ähnlich, bei den üblichen Methoden der Schnittbehandlung mit Xylol oder ähnlich wirkenden Substanzen in Lösung gehen. Um über diese Fragen ins klare zu kommen, bedarf es noch sorgfältiger mikrochemischer Untersuchungen. Vorläufig ist soviel festzuhalten, dass die hyaline Substanz der Zellenleiber gegenüber dem Morphoplasma eine chemisch durchaus eigenthümliche Stellung einnimmt. Im Uebrigen dürfen wir uns nicht verhehlen, dass die Charaktere des Hyaloplasma wesentlich nur negative sind, Mangel an eigener Form und an trübenden und färbbaren Bestandtheilen. Es können im Hyaloplasma möglicher Weise sehr verschiedenartige Bestandtheile enthalten sein, wässrige Salzlösungen, gequollene Schleimstoffe, Seifen, gelöste Fette u. a. m.»

In Eiern der verschiedenen Tierklassen treten uns, sagt His, mehrere Typen der Plasmaanordnung entgegen: zunächst *dotterbeladenes* (lecithophores) und *reines* Plasma. Es sind die Dotterstoffe im Eiplasma als eine Art innerer Sekretstoffe entstanden. Damit sie wieder Plasma werden, müssen die Dotterstoffe neuerdings in Lösung treten, chemisch gespalten und vom lebenden Plasma assimiliert werden. Die Entwicklung meroblastischer Eier bereitet sich im allgemeinen dadurch vor, dass sich das Keimplasma von seinen Einlagerungen scheidet und in mehr oder weniger reiner Form anhäuft. Dieser Sonderungsprozess kann früher oder später vor sich gehen, bei Knochenfischen erreicht er seinen Höhepunkt nach dem Eintritt der Eier ins Wasser. »Darin liegt der besondere Werth der Knochenfischeier für Protoplasmastudien, dass in deren Keim und Blastomeren die lebende

Substanz so rein und von störenden Nebenbestandtheilen frei zur Beobachtung kommt.» In dem reinen Protoplasma unterschied His eine *ungegliederte (isotype)* und eine *gegliederte (anisotype)* Anordnung, von denen die erstere in ihrer ausgeprägten Form kurz vor dem Beginn der Furchung, die letztere nach dem Eintritt derselben sich vorfindet. Das isotype Protoplasma erscheint bei schwächerer Vergrösserung fein granuliert, bei stärkerer löst es sich in ein feinmaschiges und feinkörniges Fadengerüst auf, mit gleichmässig ausgebildeten Maschenräumen (Wabenräumen im Sinne der Schaumlehre). In dem anisotypen Protoplasma wird das Gerüst in der Weise verändert, dass seine Bälkchen weniger zahlreich und gröber und die Maschenräume zwischen ihnen erweitert werden. Die Grenzschichten der Blastomeren entstehen durch Verdickung und transversale Verschmelzung von Morphoplasmabälkchen; sie sind nicht bloss Verdichtungslagen von Hyaloplasma. Das Morphoplasma und das Hyaloplasma können in verschiedenen physiologischen Zuständen sich verschieden verteilen; ein solcher Wechsel tritt in ausgeprägter Weise bei den Asterbildungen der Mitose ein.

Ich habe aus der Darstellung von His die obigen Angaben und Ansichten so eingehend angeführt, weil ich durch meine eigenen Untersuchungen an den Eiern des Gobius zu sehr ähnlichen Anschauungen gelangt bin, und dies bevor ich die Arbeit von His näher studiert hatte. Nachdem ich aber meine eigene Untersuchung durchgeführt und dann die His'sche Arbeit genau studiert hatte, kam ich zu der Überzeugung, dass diese Arbeit in mehrfacher Hinsicht eine sehr scharfsichtige und scharfsinnige Leistung des dahingeschiedenen grossen Anatomen ist. Und ich glaube, dass jeder, der wie ich das Ei der Knochenfische eingehend studiert, zu einem ähnlichen Schluss kommen wird.

Ich gehe nun zu den Ergebnissen *meiner eigenen* Untersuchungen an Gobiuseiern über und fange mit der Darstellung der *Eier in den Ovarien* an.

Nach der Färbung mit Eisenalaun-*Hämatoxylin* und mässiger Differenzierung bieten die jüngsten Eier das Aussehen, welches in den Fig. 1 und 2 der Taf. XVI wiedergegeben ist. Man trifft in Gruppen und Reihen von diesen kleinsten Eiern schon verschiedene Ausbildungsstadien, sowohl hinsichtlich der Grösse der Zelle und des Keimbläschens als auch der Struktur. In den allerkleinsten sieht man also nur einzelne körnige Mitomfäden im hellen Paramitom. In den etwas grösseren dieser jungen Eier findet man (Fig. 1, rechts) schon eine bedeutende Vermehrung des Mitoms. Die Kerne dieser Eier sind schon verhältnismässig stark vergrössert und zeigen besonders oft das Spiremstadium der Teilungsphase. In den Ovarien trifft man ferner jüngere und höher ausgebildete Eier in bunter und wechselnder Anordnung umeinander vermischt. Von diesen Eiern kann ich auf der Tafel nur einige als Beispiele wiedergeben. Die Fig. 3—5 stellen einige solche weiter ausgebildete Eier dar. In Fig. 3 sieht man also ein Ei, in dem die Absetzung von rot gefärbten Dotterkörnern begonnen hat. Die Dotterkörner liegen ganz besonders in den schwarz gefärbten gekörnten Mitomsträngen, welche schon deutlich hervortreten und durch helle Paramitomräume voneinander getrennt sind. Nach der einen Seite des Eies ist schon eine stärkere gekörnte Schwarzfärbung eingetreten. In den noch weiter ausgebildeten Eiern der Ovarien sieht man diese Schwarzfärbung gewöhnlich noch mehr ausgeprägt. Wenn man die Schnitte durchmustert, bemerkt man hier und da teils einzelne solche Eier, teils auch Gruppen von ihnen, in denen nach dem einen Umfang hin die Schwarzfärbung auftritt, bald zunimmt, und zuletzt fast ganz undurchsichtig wird. Die Fig. 4 stellt zwei aneinander liegende solche Zellen dar; nach rechts hin sieht man die verästelten, vom schwarzen Mitom umsponnenen roten Dotterbalken, und nach links hin tritt die Schwarzfärbung auf und imprägniert das ganze Gewebe. In denselben Ovarialschnitten trifft man auch etwas kleinere Eier, deren Zellkörper ganz schwarz gefärbt sind. In den folgenden Stadien, mit der höheren Ausbildung der Eier, verschwindet wieder diese allgemeine Färbbarkeit, und es lässt sich dann im Zellkörper nur das die Dotterbalken umspinnende Mitomgeflecht schwarzfärben, wie dies in dem in Fig. 5 der Taf. XVI abgebildeten Ei wiedergegeben ist. In den weiter ausgebildeten Eiern ist dies auch der Fall. Das Keimbläschen aller dieser Eier, welches mit der Grösse des Eikörpers stets wächst, erhält in seinem hellen Kernsaftraum immer mehr schwarzgefärbte, mit Chromatinkörnern besetzte, gewundene Stränge und anfangs einen grossen, schwarzgefärbten Nucleolus; nachdem aber das Ei eine gewisse Grösse erreicht hat, pflegt dieser früher oder später in mehrere Kugeln von verschiedener Grösse zu zerfallen, welche sich gerne der Kernmembran anlegen (Fig. 4, 5 der Taf. XVI). Zuweilen trifft man sogar solche Kugeln auch in dem Protoplasma selbst.

Zum Vergleich mit diesen, mit Hämatoxylin gefärbten ovarialen Eiern von Gobius werde ich nun die entsprechenden, mit dem *Biondigemisch* behandelten schildern. In den jüngsten Eiern findet man oft das Chromatingerüst grün gefärbt (Fig. 6, Fig. 7 der Taf. XVI, links unten), was wohl auf Teilungsstadien hindeutet; in

den Eikernen in Fig. 6 ist offenbar ein Spiremstadium vorhanden. In den folgenden Ausbildungsphasen der Eier tritt aber dann die *violette* Farbe hervor; sowohl das Chromatingerüst des Kerns als der Nucleolus färben sich *violett* (Fig. 7, oben und rechts; Fig. 8 der Taf. XVI). Das Protoplasma dieser Eier färbt sich in den kleinsten Eiern rötlich mit schwach hervortretender, allgemeiner Farbe, aber mit stärker rotem Mitom. Bald bemerkt man dann, in den etwas grösseren Eiern, im Protoplasma eine immer auffallendere *violette* Färbung (Fig. 7, rechts; Fig. 9, 10, 11, 12 der Taf. XVI), welche sich diffus verbreitet, aber in der Regel nach der einen Seite des Eies besonders kräftig erscheint. Es zeigt sich, dass diese diffuse Violettfärbung der diffusen Schwarzfärbung der mit Hämatoxylin behandelten Eier entspricht; sie tritt nämlich in ungefähr denselben Ausbildungsstadien auf und verschwindet in den allmählich danach folgenden, wenn die Eier grösser werden (Fig. 13, 14, 15 ders. Tafel), indem sie zuletzt nur an einem Teil (Fig. 13, 14) oder an einigen Teilen (Fig. 15) des Eiumfangs noch nachweisbar ist. Ausserdem sieht man hin und wieder in dem Protoplasma einzelne violette Kugeln (Fig. 7, 8, 13, 14).

Ich kann nach dieser Erfahrung — und ich habe von solchen Biondigefärbten Präparaten aus den Gobiusovarien ganze Reihen — nicht umhin, an die in der vorigen Abteilung hinsichtlich der Ascidieneier besprochene, von Schaxel besonders eingehend verteidigte Lehre über die Chromatinemission aus dem Keimbläschen in das Protoplasma zu denken. Es liegen in der Tat in den Eiern dieses Teleostiers Befunde vor, welche denen in den Eiern der Ascidien sehr ähnlich sind. Jedenfalls findet sich hier ein offenbares Memento, diese Frage in umfassender Weise, bei Eiern mancher verschiedener Tiere, zu erforschen. Es ist ja auch auffallend, dass die diffuse Violettfärbung, in Übereinstimmung mit den Befunden Schaxel's, nur in einem gewissen Ausbildungsstadium der Ovarialeier auftritt und mit der diffusen Schwarzfärbung durch Hämatoxylin so nahe zusammenfällt, um in späteren Stadien zu verschwinden. Durch meinen hier erbrachten Nachweis, dass sich die fragliche Substanz nicht nur mit Hämatoxylin schwarz, sondern auch mit dem Biondigemisch *violett* färbt, wird aber die Annahme, dass diese Substanz wirklich *Chromatin* enthält, noch wahrscheinlicher als vorher, indem die Schwärzung durch Hämatoxylin hinsichtlich des Chromatins keine ganz spezifische Probe darstellt.

Wie ich schon oben geschildert habe, färben sich ja in den jüngeren Eiern das Chromatingerüst und der Nucleolus violett. Diese violette Färbung wiederholt sich dann in allen den folgenden Ausbildungsstadien (Fig. 9—14 der Taf. XVI), wobei hier und da in den Nukleolen hellere Vakuolen (Fig. 12, 13) auftreten und, wie in den Hämatoxylinpräparaten, eine Anzahl von nukleolartigen Kugeln im Kern erscheinen (Fig. 13, 14, 15), wonach zuletzt oft der eigentliche, grössere Nucleolus zu verschwinden scheint (Fig. 15).

Ehe ich diese Schilderung der mit Biondischem Gemische behandelten Ovarialeier abschliesse, werde ich einige die schon abgegebenen und befruchteten Eier dieses Tieres betreffende Befunde, die mit demselben Färbungsgemische gewonnen wurden, kurz erwähnen. Da ich nicht Zeit und Gelegenheit hatte, die Bildung der Richtungskörper, welche besonders von Behrens eingehend untersucht wurde, und das Verhalten des Keimbläschens und der Richtungskörperchromosomen zu der Biondifärbung zu erforschen, musste ich mich darauf beschränken, nur einige Stadien im dem Verhalten des Eikerns nach der Befruchtung zu studieren. Es zeigte sich hierbei, dass, wie bei anderen Tieren, bei jeder Teilung sich die an der Teilungsspindel befindlichen Chromosomen stets stark *grün* färben; die Fig. 16 der Taf. XVI gibt davon ein schönes Beispiel. Nachdem aber die Zellteilung geschehen ist, und sich die Tochterkerne gebildet haben, wird von ihrer inneren Substanz nur die *rote* Farbe angenommen (Fig. 17). Dies wiederholt sich auch fortwährend bei den folgenden Teilungen der Blastomeren.

Nachdem nun diese Färbungsverhältnisse der Ovarialeier von Gobius niger geschildert worden sind, will ich zu dem zweiten, näher zu behandelnden Problem übergehen, welches bei dem reifen und dem befruchteten Ei dieses Tieres erfolgreich studiert werden konnte, nämlich dem Problem der *Protoplasmastruktur* dieser Eier.

Als ich die mikrotomierten und mit Eisenalaun-Hämatoxylin gefärbten Schnitte der reifen Eier von Gobius niger untersuchte, nahm ich in den Schnitten des Keimhügels zuerst nur eine undeutliche körnig-feinfaserige Struktur wahr. Ich ahnte sogleich, dass die Schnitte in der abschliessenden Behandlung mit Eisenalaunlösung zu stark differenziert waren. An neuen, stärker gefärbten Schnitten trat dann bei stärkster Vergrösserung, zu meinem Erstaunen, eine so prachtvolle Protoplasmastruktur hervor, dass ich gestehen muss, nie eine solche bisher gesehen zu haben. Ich erwähne dies, um zu betonen, dass man, um eine gute Einsicht in die Verhältnisse zu gewinnen, die Differenzierung der Hämatoxylinpräparate nicht zu weit treiben, sondern im Gegenteil früh unterbrechen soll. Wenn man die Färbung in einer gut geeigneten Stärke bekommt, werden die Bilder in den Präparaten — vorausgesetzt, dass das Material gut fixiert war — so ausgezeichnet klar und schön, dass sie keine Zweifel über betreffende Struktur hinterlassen können.

Was die Fixierung angeht, so erhielt ich ein gutes und fast gleichartiges Material, wenn die Eier entweder mit Carnoy'schem, oder mit Zenker'schem oder mit Pikrinessigsäuregemisch behandelt waren. Ich benutzte deshalb mit Vorteil das erstgenannte Gemisch, weil es so besonders leicht anzuwenden ist und schnell zum Ziele führt.

Es ist aber sehr schwer, die in dem Mikroskope erhaltenen Bilder gut abzuzeichnen und in ihrer schönen, unzweideutigen Klarheit in den Abbildungen wiederzugeben. In den Präparaten lassen sie sich nämlich perspektivisch verfolgen; in den flachen Abbildungen auf der Papierfläche lässt sich dies nur in schlechter Weise, und zwar durch verschiedene Farbennuancen nachahmen. Dann werden schliesslich die Abbildungen wohl stets durch die Reproduktion abgestumpft und verschlechtert. Ich betone dies hier, weil ich leider einsehe, dass meine Abbildungen, obwohl ich mich um ihre möglichst gute Ausführung bemühte, weit hinter der Schönheit der Natur selbst in den Präparaten stehen. Falls sie aber dazu beitragen können, noch einmal die für das Protoplasmaproblem interessierten Kollegen auf die Untersuchung der dazu besonders geeigneten Teleostiereier hinzuweisen, so dürften sie indessen ihr Ziel nicht verfehlt haben. Wahrscheinlich hätte die obenerwähnte vortreffliche Arbeit von His »Protoplasmastudien am Salmonidenkeim» vom J. 1899 weit mehr die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen, und seine Ansichten wären mehr durchgedrungen, falls seine Abbildungen die Strukturverhältnisse klarer und deutlicher wiedergegeben hätten. In der undeutlichen, verschwommenen Weise, in welcher seine photographischen Figuren reproduziert sind, wurde es den Lesern der Arbeit in der Tat schwer, von seinen Ansichten überzeugt zu werden. Ich muss gestehen, dass ich selbst, als ich die His'sche Arbeit gleich nach ihrem Erscheinen also vor etwa zwölf Jahren, las und die Figuren betrachtete, zu der Anschauung kam, dass aus so undeutlichen Präparaten und Bildern lasse sich doch nichts sicheres schliessen. Erst nachdem ich an meinen eigenen so ausserordentlich klaren Präparaten von Gobiuseiern die Struktur selbst studierte, erinnerte ich mich wieder die Arbeit von His über den Salmonidenkeim. Nun fand ich nach erneuertem Durchlesen derselben, dass His gewiss im ganzen richtig gesehen hatte; und ich konnte ahnen, dass auch seine Präparate wahrscheinlich gut und scharf gewesen sind, dass aber die photographischen Abbildungen, obwohl er selbst sie rühmte und mit ihnen zufrieden war, den Leser nicht zu überzeugen vermochten, sondern eher abschreckten. Es gilt diese meine Bemerkung besonders seinen Tafeln II und III, welche gerade die feinere Struktur des Keimes wiedergeben sollten.

Wie His und andere Forscher schon längst dargetan haben, strömt in den reifen Teleostiereiern, nachdem sie in Wasser ausgegossen worden sind, das Eiprotoplasma, welches bisher im reifen Zustande überall mit den Dotterelementen vermischt war und zwischen ihnen lag, nach einer Seite der Eioberfläche und bildet dort einen Keimhügel, in dem das Keimbläschen gelegen ist und die Richtungskörperabgabe besorgt. Durch diese hochinteressante »Bewegung» des Eiprotoplasmas wird es zuletzt fast vollständig vom Dotter abgetrennt, wobei es sich indessen als eine äussere, sehr dünne Randschicht oder Haut als Fortsetzung des dicken Keimhügels und zusammen mit ihm den Dotter überall umgibt. Wenn man vor der vollständigen Ausbildung des Keimhügels durch Vertikalschnitte durch diesen und den Dotter die Struktur untersucht, so findet man noch Fortsätze und Stränge des Protoplasmas in den Dotter mehr oder weniger hineinreichen. Nach dem Abschluss der Protoplasma-Ausströmung aus dem Dotter ist die Grenze zwischen beiden in dem Gobiusei in der Regel scharf und deutlich ausgeprägt.

In dem Keimhügel dieses Eies hat man nun, wie His für den Salmonidenkeim betonte, zur Untersuchung das *reinste Protoplasma*, das man bekommen kann. In demselben sind zwar ganz vereinzelte, kleine Dotterkugeln noch vorhanden; sie können aber zu keiner Verwechselung Anlass geben.

An den mit Hämatoxylin gut gefärbten Vertikalschnitten des Keimhügels nimmt man bei starker Vergrösserung (Zeiss' 2 mm., Apert. 1,30, Komp. Okul. 12) wahr, dass die Substanz aus zwei überall durcheinander gemischten Teilen besteht, nämlich aus einer hellen und durchsichtigen, scheinbar strukturlosen und ungefärbten *Grundsubstanz* und einem diese überall durchspinnenden feinen *Fasergeflecht*. Die Fig. 1 der Taf. XVII stellt eine Partie eines solchen Vertikalschnittes des Keimhügels dar; nach oben hin ist die Oberfläche desselben vorhanden, nach unten findet sich die Grenze gegen den Dotter, von dem einige schwarz gefärbte Dotterkörner mit abgebildet worden sind. Das Fasergeflecht ist, wie man auch in dieser Figur bemerkt, nicht überall gleich dicht: hier und da, wie z. B. links in der Figur, ist es dichter, in der Mitte derselben und nach oben hin ist es weniger dicht; besonders an solchen weniger dichten Stellen lassen sich die Fasern auf recht weite Strecken gut verfolgen. Man erkennt dann mit Sicherheit, dass sie *kein Netz*, sondern *ein echtes Geflecht* von in den verschiedensten Richtungen und Biegungen umeinander ziehenden, feinen Fäserchen bilden, welche zwar dann und wann sich dichotomisch teilen können, jedenfalls aber nicht netzförmig miteinander zusammenhängen. Alle diese Fäserchen,

welche stellenweise ein wenig dicker als in anderen Partien sein können, sind mit kleinen Körnchen in der Art besetzt, dass diese alternierend mit schmäleren Fadengelenken, welche die Körnchen kettenartig miteinander verbinden, feinsten Perlschnüren ähneln, wobei durch das Hämatoxylin die Körnchen, die in ihrer Grösse nur wenig wechseln, dunkler schwarz gefärbt worden sind als die sie verbindenden Fadengelenke. Bei stärkerer Differenzierung werden diese letzteren noch mehr entfärbt, wogegen die Körnchen die schwarze Farbe länger behalten und nun leicht den Eindruck von untereinander nicht verbundenen Reihen von Körnchen geben können, um bei noch stärkerer Differenzierung zuletzt die schwarze Farbe ganz abzugeben und nur als eine undeutlich hervortretende graue Körnelung oder eine unbestimmte Scheckigkeit der Substanz zu erscheinen.

Es ist dies die Anordnung, welche His bei dem Forellenkeim als die »ungegliederte» oder »isotype» bezeichnete, und zwar zum Unterschied von der »gegliederten» oder »anisotypen» Anordnung der Fäserchen, welche in den Strahlungen auftritt, die in den Teilungsstadien der Eier hervorgerufen werden. Ehe ich aber zur Schilderung dieser Anordnung oder richtiger Umordnung der Fäserchen übergehe, will ich indessen auf noch einige Figuren der Taf. XVII hinweisen, welche die isotype Anordnung wiedergeben. Es sind dies die Figuren 2—6, welche verschiedene kleine Partien von Schnitten des Keimhügels in noch dreimaliger linearer Vergrösserung des in Fig. 1 dargestellten (Zeiss' Apochr. 2 mm, Ap. 1,30, Komp. Ok. 12) Bildes wiedergegeben. In diesen Figuren, von denen die Fig. 5 und 6 aus der inneren Grenzpartie gegen den Dotter herrühren, sieht man die morphologische Beschaffenheit der Fäserchen des Mitoms noch deutlicher hervortreten. In den Fig. 3 und 4 sind zwischen den Fäserchen rötlich gefärbte Dotterkugeln sichtbar.

Wenn nach der Befruchtung des Eies die Strahlungen in dem Protoplasma entstehen, verändert sich ja, wie bei den Echinodermen und anderen Tieren, die Anordnung der Fäserchen des Mitoms in auffallender Weise. Es entsteht die Anordnung derselben, welche His als die »anisotype» bezeichnete. In der Fig. 9 der Taf. XVII habe ich aus einem Eie in den Anfangsstadien der Furchung eine grössere Partie eines Vertikalschnittes des Keimhügels abgebildet. In dem unteren Teil der Figur sieht man in zweimaliger linearer Vergrösserung des Zeiss'schen Bildes (Apochr. 2 mm, Ap. 1,30, Komp. Ok. 12) den Kern im Spindelstadium mit den beiden Zentrosphären an den Polen, je von einer schönen Strahlensonne umgeben und mit einem kleinen, schwarzgefärbten Zentralkörper in der Mitte; die Zentrosphären zeigen eine unbestimmte Scheckigkeit aus dunkleren und helleren Teilen, und aus ihren Randpartien treten die feinen, dicht angeordneten Strahlen radiierend hinaus; nach aussen hin werden sie allmählich etwas dicker und mehr oder weniger körnig, um an der äusseren Grenze der Sonnen in das nach aussen von ihnen befindliche »isotrope» Mitomgeflecht direkt überzugehen. Bei diesem Übergang sieht man oft die Strahlungsfäserchen sich dichotomisch teilen und deutlich körnig werden, wonach sie sich in verschiedenen Richtungen zwischeneinander schlingern und ein echt »isotropes» Fasergeflecht bilden, welches in der angewandten Vergrösserung des Bildes eine adäquate Auffassung vom Charakter des gewöhnlichen Mitomwerkes geben kann; ich habe mich hier auch besonders bemüht, durch verschiedene Farbennuancen das Fasergeflecht in seiner perspektivischen Anordnung wiederzugeben. Von den Chromosomen an der Mitte der Spindel habe ich nicht alle gezeichnet, weil sie sich nicht sämtlich perspektivisch darstellen lassen, sondern nur einander decken und das Bild undeutlich machen.

Im ganzen liefern diese Präparate aus dem Keimhügel des Gobiuseies ein ausgezeichnetes Objekt für die Erforschung der Struktur des Eiprotoplasmas, und zwar sowohl im gewöhnlichen Zustand als in dem der Teilungsstadien. Der Übergang der Fäserchen des Mitoms von der gewöhnlichen Geflechtsanordnung zu derjenigen der Sonnenstrahlungen lässt sich an den äusseren Grenzen der letzteren schön und deutlich beobachten. Es wiederholen sich dieselben Strukturverhältnisse, die wir in den Eiern der Echinodermen und anderer Tiere kennen lernten. In dem Teleostierei sind diese Verhältnisse aber auffallend klar und deutlich wahrzunehmen und festzustellen. Aus dem Studium einer Reihe solcher Präparate kommt man unwiderstehlich zu der Auffassung, dass bei der strahlenförmigen Anordnung der Fäserchen in den Zentrosphären eine mehr oder weniger geradlinige Ausrichtung, bezw. eine Streckung oder Zusammenziehung der sonst gewundenen Fäserchen des Mitomgeflechts eintritt, um wieder nach dem Aufhören der »anisotypen» Strahlungsanordnung zu der gewöhnlichen geflechtartigen, »isotypen» Anordnung zurückzukehren. Ich habe die von His vorgeschlagenen Bezeichnungen »isotyp» und »anisotyp» angewandt, obwohl ich meinerseits mit denselben nicht besonders zufrieden bin; seine Benennungen »ungegliedert» und »gegliedert» finde ich aber noch weniger geeignet. Eigentlich dürfen wohl die *Geflechtsanordnung* und die *Strahlungsanordnung* der Fäserchen zur Charakterisierung dieser Verhältnisse des Mitoms hinreichend sein.

Wie bekannt, dehnen sich aber die Strahlungen in den Eiern und ihren Furchungszellen oft noch viel weiter im Protoplasma aus, als dies in dem in Fig. 9 abgebildeten Eie der Fall ist. Sie können ja bis zum

äusseren Eiumfang reichen. An den Schnitten solcher Eier bekommt man dann Bilder, wie die in Fig. 7 der Taf. XVII wiedergegebenen. Falls der Schnitt dicht über oder unter der Zentrosphäre getroffen hat, so sieht man dort in der Mitte Querschnitte von Fäserchen als runde Körner (unten in der Figur), von einer hellen Zwischensubstanz umgeben und in etwas verschiedenen Abständen voneinander. Ringsum diese Querschnitte findet man nach den Seiten hin immer mehr schief getroffene Schnitte von Fäserchen (Fig. 7), welche Schiefschnitte nach aussen hin immer längeren Faserstücken entsprechen und zuletzt, gegen den Eirand hin, in beinahe längsgetroffene Fäserchen übergehen. Diese Schnittbilder der Strahlungen bestätigen, falls es noch nötig wäre, die Fasernatur der Strahlungsstruktur. Keine Wabenwände, keine Schaumnatur ist in den Strahlungen nachzuweisen, wie dies auch bei Eiern von Echinodermen und von vielen anderen Tieren schon dargelegt worden ist.

In den Gobiuseiern erhält man eine glänzende Bestätigung der Tatsache, dass nach bester Fixierung und Färbung des selten reinen Protoplasmas sowohl in dem nicht sich teilenden (»ruhenden») als in dem sich teilenden Zustande des Eikörpers *keine Wabenstruktur* nachzuweisen ist. In einer hellen, scheinbar unstrukturierten Grundsubstanz, dem Paramitom Flemming's (der Interfilarmasse, dem Hyaloplasma anderer Autoren), findet sich ein Faserwerk, welches in der gewöhnlichen Anordnung ein *Geflecht*, aber kein Netz, bildet, und in der Strahlungsanordnung in sonnenartig um einen Mittelpunkt angeordnete, mehr oder weniger gerade Fäserchen übergeht.

Diese letztere Tatsache wird nun durch die Verhältnisse in den weiter gefurchten, aus einer Anzahl von Blastomeren bestehenden Gobiuseiern in eklatanter Weise bestätigt.

Auf der Tafel XVIII habe ich eine Auswahl von Abbildungen von Schnitten solcher Blastomeren zusammengestellt. Sie repräsentieren die Blastomeren in verschiedenen Zuständen von Ruhe und Teilung und können eine deutliche Auffassung von der Anordnung des Mitoms während dieser verschiedenen Zustände geben. Sie sind *nicht* schematisch, sondern ganz nach den dünnen Präparaten von mir gezeichnet; nur musste ich von den in diesen Präparaten sichtbaren Fasern eine Anzahl der in ihrer ganzen Länge verfolgbaren auswählen, um nicht durch zu viele und besonders durch die schief getroffenen Fasern die Abbildungen zu verwirren. Hier, wie leider so oft bei der Wiedergabe der mikroskopischen Bilder, stösst man auf die oben schon mehrmals besprochene Schwierigkeit, perspektivische Strukturverhältnisse, die im Mikroskope durch Heben und Senken des Tubus klar hervortreten, in den Abbildungen darzustellen. Die hier mitgeteilten Figuren scheinen mir jedoch so deutlich die Anordnungen wiederzugeben, dass eine nähere Beschreibung überflüssig sein dürfte. Die Fig. 1—4 und 6—7 sind in doppelter linearer Vergrösserung des Zeiss'schen Bildes von Apochr. 2 mm, Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12, die Fig. 5 ist bei dieser letzteren Vergrösserung selbst wiedergegeben.

Die Fig. 1 stellt den medianen Durchschnitt einer solchen Blastomere mit ruhendem Kern und mit der neben ihm gelegenen eosingefärbten Zentrosphäre, um welche als Mittelpunkt die Fasern des Mitoms in schöner, gestreckter Strahlenanordnung hervortreten, dar, nur am Rande des Eies sieht man einzelne von ihnen sich dichotomisch teilen und nach den Seiten hin umbiegen; zwischen diesen Fasern sind einige rotgefärbte Dotterkörner sichtbar.

Die Fig. 2 stellt eine solche Blastomere mit dem Kern in dem Teilungsstadium, und zwar in der Spindelphase mit den Chromosomen in der Äquatorialplatte, dar; von den beiden Zentrosphären strahlen die Mitomfasern in der üblichen, radiierenden Anordnung hinaus und gehen in der Nähe des Eirandes, vor allem aber in der Äquatorregion des Eies, in eine geflechtartige, dichotomisch verästelte Anordnung über; einzelne, teils eosin-, teils hämatoxylingefärbte Dotterkörner sind zwischen den Fasern zu sehen.

Die Fig. 3 gibt eine solche Furchungszelle in weiter vorgeschrittenem Teilungsstadium wieder, in welchem die geteilten Chromosomen zu zwei Gruppen an den beiden Polen der Spindel neben den Zentrosphären gelegen sind und der Zellkörper selbst die beginnende Einschnürung zeigt.

Die Fig. 4 zeigt eine Blastomere, nach abgelaufener Teilung, mit den aus den Chromosomen entstandenen kleinen Kernbläschen in allmählich geschehender Verschmelzung derselben; ringsum die Blastomere stossen die anliegenden Partien der umgebenden Blastomeren an, in denen die strahligen Mitomfasern bald der Länge nach, bald schief vom Messer getroffen sind oder beinahe von ihren äusseren Enden gesehen vorliegen.

In Fig. 6 ist ein Teilungsakt abgebildet, in welchem die Trennung der beiden Tochterzellen im letzten Moment sich befindet, indem nur noch eine Brücke sie vereinigt; in der rechten, im vollständigen Umriss wiedergegebenen Zelle sieht man in der Mitte, wie in Fig. 4, die Phase, in welcher die Chromosomen sich zu Bläschen umgewandelt haben und die radiierenden Protoplamafasern von der Zentrosphäre ausstrahlen. Die dichte, dunkle Brücke zwischen dieser Zelle und der links von ihr gelegenen, von welcher nur der innere Umfang abgebildet ist, besteht aus querliegenden Mitomfasern, welche in den Zellen ausstrahlen.

Fig. 7 stellt die aneinanderstossenden Partien von zwei eben getrennten Tochterzellen einer geteilten Blastomere dar, welche nur durch eine schmale Brücke von Protoplasmasubstanz zusammenhängen; diese Brücke besteht auch aus Mitomfasern, welche in den beiden Zellen nach rechts und links ausstrahlen, indem sie hier einen gewundenen Verlauf annehmen. In den beiden Zellen bemerkt man, wie in Fig. 6, die Kernchromosomen in den noch nicht zu je einem einzigen Kern verschmolzenen kleinen Bläschen.

Fig. 5 zeigt die noch zusammenhängende Protoplasmapartie zweier Tochterzellen einer sich teilenden, noch grossen Furchungszelle des 4-zelligen Stadiums des Keimes. Von den beiden Zellen sind nur die aneinanderliegenden und noch miteinander verbundenen Seitenpartien wiedergegeben, um die Anordnung der Mitomfasern des Protoplasmas in der noch breiten Brücke aufzuweisen; man sieht, wie diese Fasern in den beiden Zellen zuerst in gewundener Anordnung ziehen, um in der Brücke in weit regelmässigerem, etwas gebogenem Verlauf von dem einen Zellkörper zu dem anderen, beinahe parallel aneinander angeordnet, zu gehen und zugleich dicker zu werden; diese Fasern müssen später bei dem fortschreitenden Teilungsakt immer mehr zusammengedrückt und zuletzt sämtlich abgerissen werden.

Von einem besonderen Interesse ist es wahrzunehmen, wie in den Blastomeren und bei ihren Teilungen die Mitomfasern sich bald verdünnen, bald verdicken und die Seitenäste gleichsam an sich zurückziehen können. In den kleineren Blastomeren sind in der Regel die Strahlenfasern verhältnismässig dick und knotig; man sieht an ihnen Äste nur in der Nähe ihres äusseren Endes an der Zelloberfläche, wo eine etwas verdichtete *Schicht* des Protoplasmas vorliegt, welche vom Paramitom und von Mitomfasern gebildet wird, aber keine eigentliche besondere Membran darstellt; hier ragen an den Fasern knopfförmige Anhänge und kurze Äste nach den Seiten hin hervor, wonach die Fasern zuletzt oft recht dick endigen; in der Fig. 4 der Taf. XVIII bemerkt man an mehreren anstossenden Blastomeren solche dickere Faserendigungen. Alles deutet darauf hin, dass sich die Fasern zusammenziehen und verlängern, Äste ausschiessen und zurückziehen, sowie dass sie ihren Platz einigermassen verändern können.

Zuweilen trifft man in den Eiern noch Fortsätze der Keimscheibe, welche in den Dotter hineinragen; es scheint sogar, als ob sie sich von neuem in den Dotter hineingeschoben hätten. In der Oberflächenschicht solcher Fortsätze sah ich in ganz auffallender Weise (Fig. 10 der Taf. XVII), wie dünne, feine Mitomfasern in dicke, knotige Enden übergehen können; in Fig. 11 ders. Tafel habe ich in noch verdoppelter linearer Vergrösserung einige solche, stark verdickte Faserenden wiedergegeben. Es ist ja eine derartige Beweglichkeit nicht besonders merkwürdig, wenn man bedenkt, dass das ganze Protoplasma des Eies beweglich ist, sowie dass seine konstituierenden Teile, sowohl das Paramitom als das Mitom, im Leben jedenfalls keine »starren» Bildungen darstellen, sondern, wie man sagt, »zähflüssig» sind, und zwar in solcher Form bald mehr, bald weniger flüssig sein müssen. Welche von den beiden Substanzen die am meisten bewegliche, die Bewegung verursachende und leitende ist, lässt sich nicht sicher sagen.

C. Die Eier einiger anderer Wirbelloser und Wirbeltiere.

Tafel XIX und XX.

Wie schon oben erwähnt wurde, habe ich noch die Eier einer Anzahl anderer Tiere, sowohl Wirbelloser als Wirbeltiere, in den betreffenden Beziehungen untersucht und werde hier, zum Vergleich mit den schon geschilderten Befunden bei den Echinodermen, der Ascaris megalocephala, der Ascidia intestinalis und dem Gobius niger, die wesentlichen Ergebnisse dieser Studien anführen. Von den untersuchten Tieren will ich folgende zu dieser kurzen Besprechung auswählen. Von den *Wirbellosen: Sagartia, Aurelia, Priapulus, Astacus, Pieris* und *Musca;* von den *Wirbeltieren: Amphioxus, Myxine, Squalus, Molge, Coloeus* und *Homo.*

1. Sagartia viduata (O. F. Müller) (Taf. XIX, Fig. 1—5).

In der die embryologischen Verhältnisse bei den Actinien betreffenden Literatur ist es mir bisher nicht gelungen, nähere Angaben über die feinere Protoplasmastruktur der Eier und noch weniger über Befunde mit der Biondischen Färbung anzutreffen.

Ich gehe deshalb direkt zu meinen eigenen Ergebnissen über.

Schon in den kleinsten, in Carnoyschem Gemisch fixierten und mit Eisenalaun-Hämatoxylin gefärbten Eiern von Sagartia (Fig. 1, 2, 3) wurden in dem hellen Paramitom einzelne schwarz gefärbte, mit Körnern versehene

Mitomfasern gefunden. Diese in dem hohen, zilienführenden Epithel noch ganz oder teilweise gelegenen kleinen Eier steigen bald aus demselben zu den weiter ausgebildeten grösseren Eiern hinab; man trifft sie, wie die angeführten Figuren zeigen, oft im Begriff, diese Platzveränderung auszuführen. Erst danach wachsen sie merkbar und fangen an, Dotterkörner in ihrem Protoplasma abzusetzen. Zugleich vermehrt sich von nun an immermehr das schwärzlich färbbare Mitomgeflecht (Fig. 1 und 2), welches die kleinen Dotterkörnerhaufen umspinnt. Die Keimbläschen wachsen auch, wie gewöhnlich, im Verhältnis zur Eigrösse und enthalten einen grossen, kugeligen, schwarz färbbaren Nucleolus und verästelte Stränge mit reichlichen Chromatinkörnchen. Wenn die Eier eine ansehnliche Grösse erreicht haben, zeigt sich das Keimbläschen oft gefaltet und geschrumpft (Fig. 5). Meine Zeit reichte indessen diesmal nicht hin, um die darauf folgenden Stadien der Ausbildung der ovarialen, noch nicht reifen Eier zu verfolgen; ich musste mich darauf beschränken, die schon hier geschilderte Struktur des Eiprotoplasmas zu eruieren und dann noch das Verhalten der Eier zu der Biondifärbung zu prüfen. Die Fig. 4 stellt drei solche Eier verschiedener Grösse dar, welche damit behandelt worden sind. Sie nehmen, wie auch das Zilienepithel, nicht die grüne Farbe auf, sondern im ganzen nur die *rote*; bloss die Kernkörperchen werden dazu etwas *violett*, und die Chromatinstränge des Keimbläschens nehmen auch eine schwache violette Nuance, aber noch weniger als der Nucleolus, an. Unter den von mir untersuchten Eiern sind die Eier von Sagartia diejenigen, welche im Biondigemisch am wenigsten die sonst charakteristischen Chromatinfärbungen darbieten und im ganzen nur einen schwachen violetten Anstrich zeigen.

2. **Aurelia aurita** L. (Taf. XIX, Fig. 6—9).

Da ich schon im vorigen (XV.) Bande der Biol. Unters. die Struktur der Eier von Aurelia aurita und Cyanea capillata geschildert und eine Anzahl von Abbildungen dieser Eier (Taf. XI) veröffentlicht habe, so werde ich diesmal nur in aller Kürze diesen Gegenstand berühren und vier kleine Figuren (Taf. XIX, Fig. 6—9) von Eiern der Aurelia mitteilen. Dass das Protoplasma des ganzen Eikörpers von einem Geflecht feiner, körniger Mitomfasern durchzogen ist, welche Dotterkörnerbalken umspinnen, wurde schon in der ersten Darstellung hervorgehoben. In den hier unten auf Taf. XIX mitgeteilten Fig. 6 und 7 sind zwei kleine Partien von Schnittpräparaten, die mit Hämatoxylin und Eosin gefärbt sind und diese Struktur zeigen, noch einmal abgebildet, und zwar um in dieser Beziehung einen Vergleich mit den Eiern der übrigen hier behandelten Tiere zu erleichtern. In den Fig. 8 und 9 ders. Tafel sind dann zwei junge Eier von Aurelia, welche mit der *Biondi*lösung gefärbt worden sind, wiedergegeben. Sowohl ihre Nukleolen als die Chromatinkornführenden Stränge des Keimbläschens treten in stark *violetter* Färbung hervor; aber auch das gesamte Protoplasma ist auffallender Weise violett gefärbt; so zeigte es sich in allen den mit Biondigemisch behandelten Präparaten.

3. **Priapulus caudatus** Lam. (Taf. XIX, Fig. 19—23).

Unter den Würmern wählte ich zu der Darstellung des Eibaues den Gephyré Priapulus aus, weil ich von dessen Eiern schöne und erläuternde Präparate erhalten hatte. Die kleineren Eier liegen an der Innenfläche der Ovariensackwand angeheftet. In Fig. 19 sind zwei solche mit Hämatoxylin gefärbte kleine Eier im Durchschnitt abgebildet; man sieht hier im Eikörper sehr deutlich das Geflecht von körnigen Fasern. In dem etwas grösseren Ei der Fig. 20 tritt dies noch deutlicher hervor; die erste Absetzung von (hier rot gefärbten) Dotterkörnern hat angefangen; in dem Ei der Fig. 21 ist diese Dotterbildung etwas weiter gediehen, um dann in den grösseren Eiern (Fig. 22 und 23) noch bedeutend fortzuschreiten; hier sind die roten Dotterkörner schon in solcher Menge vorhanden, dass man die ungefärbten Paramitomräume zwischen den roten Dotterbalken kaum bemerkt; dagegen sieht man überall im Protoplasma das reiche und feine Geflecht von gekörnten Fäserchen, welche das Mitom ausmachen.

4. **Astacus fluviatilis** L. (Taf. XIX, Fig. 13—18).

Von den zahlreichen, von mir betreffs des Eibaues untersuchten Crustaceen wählte ich diesmal zur Besprechung den Flusskrebs aus. Die mit *Hämatoxylin* gefärbten kleinen Eier der Ovarien (Fig. 13—17) zeigen alle im Protoplasma einen »körnigen» Bau; wenn man sie genauer studiert und besonders wenn man in ihnen solche Stellen aufsucht, wo die Elemente nicht zu dicht gedrängt liegen, findet man, dass sie die Faserstruktur deutlich aufweisen (z. B. Fig. 14, 15, 17). Die Fasern im Protoplasma sind auch hier mit Körnern besetzt. Im *Biondi*gemisch nehmen diese Krebseier eine deutliche violette Farbe nur in den Nukleolen und dann noch ganz schwach in den Chromatinkörnern der Keimbläschenstränge an (Fig. 18).

5. **Pieris brassicae** (L.) und **Musca vomitoria** L. (Taf. XIX, Fig. 10—12).

Von den Eiern der von mir in dieser Beziehung behandelten Insekten wählte ich diejenigen einer Fliege und eines Schmetterlings aus. Viele Insekteneier sind, besonders im reiferen Zustand, wegen der Menge von Dotterkörnern, hinsichtlich des Protoplasmabaues schwer zu untersuchen. Von den Eiern von Pieris (Fig. 10 und 11) bekam ich indessen ganz schöne Präparate; an der Oberfläche der Eier, dicht unter den membranösen Hüllen, findet sich eine körnig erscheinende Randschicht, in welcher man indessen (Fig. 11) mehr oder weniger deutlich eine faserige Struktur wahrnimmt; von dieser Schicht treten nach innen hin körnige Fasern hervor, welche sich voneinander trennen und ein Maschenwerk bilden, das grössere Räume umspinnt, in welchen grosse Dotterkugeln liegen (Fig. 10, 11); wenn in den Präparaten diese sich bald mit Eosin, bald mehr mit Hämatoxylin färbenden Kugeln ausfallen, bleibt das maschige Geflechtwerk des Mitoms in schöner Anordnung zurück (Fig. 10). Auch in den Fliegeneiern vermochte ich, obwohl weniger prägnant, ein solches Maschenwerk nachzuweisen (Fig. 12).

6. **Amphioxus lanceolatus** Yarrell (Branchiostoma lanceolatum Pallas) (Taf. XX, Fig. 1—3).

Die Eier des Amphioxus sind bekanntlich schon oft der Gegenstand verschiedenartiger Untersuchungen gewesen. Gewöhnlich betrafen diese jedoch wesentlich ihre Entwicklung. Hinsichtlich der feineren Struktur der Eier, und besonders betreffs der mir vorliegenden Fragen, habe ich nur sehr wenige Angaben getroffen.

In den jüngeren ovarialen Eiern (Taf. XX, Fig. 1) fand ich am Material, welches mit Carnoyschem Gemisch fixiert war, und nach der Färbung der Schnitte mit Eisenalaun-*Hämatoxylin* in dem Protoplasma nur verhältnismässig sparsame, schwarz gekörnte Mitomfasern, welche in der hellen, strukturlosen Paramitomsubstanz in gewundener Anordnung verlaufen und die noch nicht zahlreichen, in Eosin sich rötlich färbenden Dotterkugeln umschlingern. Das Keimbläschen ist verhältnismässig gross, mit einem grossen, sich durch und durch schwarz färbenden Nucleolus und mit sparsamen, Chromatinkörner führenden Strängen.

Nach der Behandlung der jüngeren Eier mit dem *Biondi*gemisch färben sich (Fig. 3, links und rechts) in ihren Kernen sowohl der Nucleolus als die Chromatinkörner der noch sparsamen Stränge des Keimbläschens nur *violett* (nicht grün oder blau); im Nucleolus der etwas grösseren Zellen (Fig. 3 rechts) bemerkt man oft schon einen nicht unahnsenlichen Vakuolraum. In den noch mehr ausgebildeten Eiern (Fig. 3, in der Mitte) sind die Färbungsverhältnisse dieselben; der Nucleolus, welcher vakuolhaltig ist, färbt sich violett, ebenso die Chromatinkörner der Stränge des Keimbläschens und oft noch eine dünne Scheibe, welche unter der Kapselhaut liegt und deren Bedeutung mir noch zweifelhaft erscheint. Die der Kapselhaut anliegenden, sparsamen kleinen Kerne färben sich aber immer grün. Schliesslich mag erwähnt werden, dass die Dotterkörner in allen Eiern, schon den jüngsten, die violette Farbe annehmen.

In den grösseren, mit *Hämatoxylin* gefärbten ovarialen Eiern (Fig. 2) färben sich fast stets die im Protoplasma zerstreuten Dotterkörner schwarz und erschweren, da sie ziemlich reichlich vorhanden sind, die Untersuchung des Protoplasmas recht sehr. Indessen gelingt es mehr oder weniger gut, in den hellen Paramitomräumen zwischen den Dotterkugeln feine, schwarzgefärbte Mitomfasern wahrzunehmen, welche, mit schwarzen Körnern versehen, in verschiedenen Richtungen das Protoplasma durchspinnen; eigentlich reichlich sind sie zwar nie vorhanden; an solchen Stellen, wo die Dotterkugeln sparsamer vorkommen, wie am oberen Ende des in Fig. 2 abgebildeten Eies, lässt sich ihre Anordnung besser studieren. In dem grossen Keimbläschen färben sich der grosse Nucleolus, dessen Mitte einen bedeutenden Vakuolraum darbietet, und die Chromatinkörner in den Strängen schwarz.

Von ganz ausgereiften und von befruchteten Eiern des Amphioxus hatte ich kein für diese Untersuchungen gut geeignetes Material.

7. **Myxine glutinosa** L. (Taf. XX, Fig. 4, 5).

Im Protoplasma der kleineren, mit *Hämatoxylin* gefärbten Eier der Ovarien findet man in der hellen Grundsubstanz ein ziemlich dichtes Geflecht von sehr feinen, schwarz gefärbten Fäserchen, in denen feine Körnchen gelegen sind (Fig. 4); hier und da sind sie zu etwas dickeren Gruppen angesammelt. In dieser Weise ist das ganze Protoplasma von der äusseren Hülle bis zu der Membran des Keimbläschens strukturiert. In demselben setzen sich dann die Dotterkugeln ab, welche immer mehr das Plasma mit ihren Fäserchen bis auf kleine Scheidewände verdrängt, wodurch zuletzt ein alveolenhaltiges »Wabenwerk« entsteht, das aber nur *scheinbar* ein solches ist.

Im *Biondi*gemisch färbt sich der grosse, gewöhnlich mit zahlreichen kleinen Vakuolen im Inneren versehene

Nucleolus intensiv *violett* (Fig. 5); die in den reichlichen feinen Fasersträngen des Keimbläschens befindlichen Chromatinkörnchen färben sich rot mit einer violetten Nuance, die Kernmembran dagegen stärker violett. Die zahlreichen Kerne der verschiedenen rotgefärbten Hüllenlamellen werden stark *grün*.

8. **Squalus acanthias** L. (Taf. XX, Fig. 6—9).

Die ganz jungen Eier dieses Selachiers sind für das Problem der Protoplasmastruktur von nicht geringem Interesse, besonders wenn man ihren Bau mit dem der etwas älteren Eier vergleicht. In jenen erkennt man an den mit *Hämatoxylin* gefärbten Vertikalschnitten (Fig. 6) ein reichliches Geflecht von feinen, mit schwarz gefärbten Körnchen besetzten, sich hier und da dichotomisch teilenden Fäserchen, welche nach der Oberfläche des Eies hin dichter, nach innen hin voneinander weiter ab liegen. In den Maschenräumen dieses Geflechtes setzen sich die sich mit Eosin rotfärbenden Dotterkörner ab (Fig. 6, 8). Indem nun diese Dotterkugelbildung weiter fortschreitet, werden die zwischen den Kugeln befindlichen Protoplasmapartien immer mehr zusammengepresst, bis sie zuletzt zu dünnen, zwischen den Kugeln gelegenen Wänden verwandelt werden (Fig. 7); im queren Durchschnitt sind diese Maschenwände sehr dünn, ungefähr wie die Fäserchen; wenn man sie aber von oben, in ihrer Flächenausbreitung, wie dies an mehreren Stellen der Fig. 7 dargestellt ist, betrachtet, so erkennt man, dass in diesen dünnen Wänden Geflechte verästelter, körniger Fäserchen verlaufen; dies sieht man besonders schön, wenn die dort vorher gelegenen Dotterkugeln ausgefallen sind, und also der Boden der Maschenräume in seiner Ausbreitung unbedeckt liegt. Die Wände der Maschenräume sind deshalb, wie eben angedeutet worden ist, offenbar dadurch gebildet, dass die zwischen den Dotterkugeln gelegenen Protoplasmapartien *mit Erhaltung ihrer früheren Zusammensetzung* zu dünnen »Alveolenwänden« zusammengedrückt sind. Diese Tatsache ist für die Erklärung der sogenannten Alveolen der »wabigen« Struktur vieler dotterreicher Eier sehr wichtig und erläuternd.

In dem Keimbläschen der erwachsenden, aber noch recht kleinen Eier (Fig. 8) findet man ein sehr feines, reichliches, körniges Fadengeflecht und eine nicht unbedeutende Anzahl von sich mit Hämatoxylin schwarz färbenden Kugeln verschiedener Grösse, von denen die ersteren offenbar den die Chromatinkörnchen führenden Fäden, die letzteren den zu Kügelchen zerfallenen Nukleolen entsprechen.

Im Biondigemisch (Fig. 9 der Taf. XX) färben sich die Nukleolkügelchen stark violett, das Chromatinkörnchen-Geflecht schwächer violett, das Zellprotoplasma nur rötlich.

9. **Molge palustris** (L.) (Triton cristatus Laur.) (Taf. XX, Fig. 10—12).

Bei den so oft untersuchten Eiern der Urodelen gelingt es nicht oft, besonders wenn sie schon reif sind, die feinere Protoplasmastruktur deutlich und klar zur Ansicht zu bringen. Indessen besitze ich eine Reihe von Schnitten von Eiern der Molge palustris, die mit Zenkerschem Gemische gehärtet und nach Heidenhain mit Hämatoxylin gefärbt worden sind und in denen unzweideutige Strukturbilder vorliegen. In den noch nicht ausgereiften Eiern der Ovarien bekam ich also vom Protoplasma Vertikalschnitte, aus denen die Figuren 11 und 12 herrühren; in der Fig. 11 sieht man unten eine Partie des Keimbläschens mit einem dichten, gekörnten Kernnetzwerk und eine Anzahl von nukleolartigen Kugeln sowie den Durchschnitt der hier und da eingestülpten Kernmembran; nach oben hin findet sich das angrenzende Protoplasma mit den grau gefärbten, eiförmigen Dotterkörperchen; und in den Zwischenräumen zwischen diesen, also im Paramitom, erkennt man, dass ein schönes Geflecht von weit verfolgbaren, mit Körnerreihen versehenen, nur hier und da dichotomisch geteilten Fäserchen scharf hervortritt; besonders in der unmittelbaren Umgebung des Kerns findet sich eine etwas dichtere Lage solcher Fäserchen, welche sich zwischen den Dotterkörperchen nach aussen hin umbiegen und weiter verlaufen; zuweilen schliessen sich hierbei mehrere solche Fäserchen bündelweise zusammen und laufen in dieser Weise in das Protoplasma hinaus.

In noch jüngeren Eiern (Fig. 12) sah ich auch zwischen den Dotterkörperchen feinste Geflechte von körnigen Fäserchen, und in den sehr kleinen Eiern wurde ein undeutliches Geflecht von Fäserchen wahrgenommen, welche Stränge im Protoplasma bildeten (Fig. 10).

10. **Coloeus monedula** (L.) (Taf. XX, Fig. 13—16).

Von Vögeln untersuchte ich die Eier, besonders die jüngeren ovarialen, bei mehreren Genera und wählte zuletzt diejenigen von Coloeus zur Darstellung aus. Es liess sich auch hier im Protoplasma ein deutliches Fasergeflecht, ein Mitom, nachweisen. Unter der umgebenden Zellhülle traten an den mit *Hämatoxylin* gefärbten Ver-

tikalschnitten im Protoplasma diese Fäserchen vorwiegend als gegen die Eioberfläche in ziemlich vertikaler Richtung verlaufende, weniger schlingernde Züge hervor, um tiefer hinab das gewöhnliche Gewirr von feinen, in den verschiedensten Richtungen ziehenden, einander umflechtenden Fäserchen darzubieten. In diesem Geflecht liegen einzelne kleine Kugeln, welche sich mit Hämatoxylin dunkel färben. Ganz ähnliche Kugeln sind auch im Keimbläschen vorhanden (Fig. 14) und deuten hier auf Nukleolkugeln. Mit dem *Biondi*gemisch färben sich diese Kugeln sowohl im Protoplasma als im Keimbläschen violett; das erstere selbst färbt sich rot, das reichliche feine Fasergeflecht des Keimbläschens wird rotviolett tingiert.

11. **Homo** (Taf. XX, Fig. 17—19).

Weil es diesmal jedenfalls nicht meine Absicht ist, die feinere Struktur des Eiprotoplasmas bei einer grösseren Anzahl von Vertretern des Tierreiches zu besprechen, sondern nur bei einer geringen Anzahl solcher Vertreter in kurzen Zügen diese Struktur zu berühren, um die allgemeinen Verhältnisse derselben vergleichsweise zu behandeln, so werde ich von den Mammaliern hier nur einen Repräsentanten auswählen. Das Kaninchenei wurde im vorigen Bande der Biol. Unters. schon besprochen und abgebildet. Ich wähle diesmal das Menschenei, aber nur, um gewisse Gesichtspunkte seines Baues kurz zu berühren. Vielleicht komme ich ein anderes Mal zur Darstellung des Baues desselben zurück.

Über die feinere Struktur des menschlichen Eies liegen in der Literatur im ganzen nur wenige nähere, auf spezielle Untersuchungen gestützte Angaben und Beschreibungen vor. Von diesen will ich indessen vor allem eine Darstellung von Holl[1]) hier anführen. Im Jahre 1891 schilderte dieser Forscher vier von dem exzidierten Ovarium einer 42-jährigen Frau herrührende Eier aus grösseren (¹/₄—1,6 cm messenden) Follikeln. Der Verfasser lieferte Abbildungen, obwohl leider in kleinem Massstab, von den vier Eiern und beschrieb besonders die Zusammensetzung der Keimbläschen genauer. Über die Zellleiber äusserte er folgendes: über das Ei Nr. 1 (Follikel, beil. ¹/₄ cm im Durchmesser) »Der Zellleib erscheint durchweg als eine ungemein feine, netzartige, gut gefärbte Masse, mit eingestreuten feinsten glänzenden Punkten»; in demselben fand sich ein dunkler Kontur, welcher ihn in eine Rindenzone und eine Innenzone teilt, sich aber gleichgebaut wie der übrige Zellleib zeigte. Im Ei Nr. 2 (Follikel, beil. ¹/₂ cm im Durchm.) glich der Zellleib dem des Nr. 1, nur lag der dunkle Kontur weiter peripherwärts. Im Ei Nr. 3 (Follikel, 1 cm im Durchm.) war der Zellleib gleichmässig stark gefärbt, aber er erschien viel lockerer, mit einzelnen kleinen chromatischen Brocken versehen. Im Ei Nr. 4 (Follikel, 1,6 cm im Durchm.) bestand der Zellleib aus einer protoplasmatischen Aussen- und einer deutoplasmatischen Innenzone; die erstere machte die Hauptmasse aus und bestand aus einem äusserst feinen Netzwerk mit glänzenden feinsten Punkten; die Deutoplasmazone lag im Inneren des Protoplasmas und hatte die Gestalt eines Halbmondes mit der Konkavität gegen den Kern; das Deutoplasmafeld erschien hell, weisslich, ziemlich locker, weitmaschig, sehr wenig gefärbt; sowohl im Protoplasma als im Deutoplasma fanden sich zerstreute unregelmässige, scharf gefärbte Brocken chromatischer Substanz. Diese Brocken wandern aus dem Kern aus. Das Kerngerüst, welches ein blasses Faserwerk darstellte, verschwindet immer mehr und endlich ganz; das Kernkörperchen bleibt allein im Kerne erhalten und ist bei der Befruchtung dessen wichtigstes Gebilde.

In den Lehrbüchern und Handbüchern (Waldeyer, O. Hertwig, Nagel, Kollmann, Minot u. a.) sind auch mehrmals reife oder reifende menschliche Eier in frischem Zustand beschrieben und abgebildet worden.

Hier lag es mir nur ob, teils die allgemeine *Protoplasmastruktur des Menscheneies*, teils das Verhalten der Eiteile zu dem *Biondi*gemisch kennen zu lernen.

Von den menschlichen Eiern aus den verschiedenen Ausbildungsstadien, welche in meinen Präparaten zu Gebote stehen, habe ich zur Abbildung zwei Eier ausgewählt, das eine aus dem ganz frisch fixierten Ovarium eines *neugeborenen* Kindes, das andere aus dem gleich nach einer Exzision fixierten Ovariums einer *25-jährigen* Frau. Die Fig. 17 stellt das erstere, die Fig. 18 das letztere Ei bei Zeiss' Apochr. 2 mm, Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 dar. Die Fixierung der Ovarien geschah mittels des Carnoyschen Gemisches, die Färbung teils mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin, teils mit dem Biondigemische.

In dem in Fig. 17 abgebildeten Eie vom neugeborenen Kinde erkennt man in dem von einer ganz dünnen, inwendig mit platten, kernführenden Zellen belegten Hülle umgebenen Ei überall im Protoplasma ein dichtes Geflecht von feinen, gewundenen, mit feinsten Körnchen versehenen Fäserchen. In der Rindenpartie ist dieses Fasergerüst weniger dicht als in der nach innen davon folgenden Zone, welche weiter nach innen hin wieder in eine

[1]) M. Holl, *Ueber die menschliche Eizelle.* Anatomischer Anzeiger. 6. Jahrg. 1891.

weniger dichte Zone übergeht, die das Keimbläschen umgibt; eine solche ring- oder eigentlich schichtförmige Verdichtung des Protoplasmamitoms kommt zuweilen, aber nicht immer, vor; wahrscheinlich entspricht diese Verdichtungszone der von Holl in den Eiern Nr. 1 und Nr. 2 erwähnten. Das Keimbläschen mit seiner Membran, dem Nukleolus und den Chromatinkörner führenden Strängen ist in der Figur deutlich zu sehen.

In dem in Fig. 18 wiedergegebenen Ei der 25-jährigen Frau ist eine andere Art Verdichtung im Protoplasma sichtbar. An einer Seite des Umfangs des Keimbläschens bemerkt man, dass das sonst im Zelleib weniger reichliche Mitomgeflecht des Protoplasmas sich stark verdichtet und in dünner Halbmondform dem Keimbläschen eng anliegt; in dieser dichten Partie bemerkt man ferner einen runden Körper, der sich mit Eosin rot gefärbt hat; eine schwächere rötliche Farbe hat auch die ganze halbmondförmige Partie angenommen. In dem übrigen, eigentlichen Mitomgeflecht sind in den hier und da dichotomisch verästelten Fäserchen Körnchen eingelagert, welche die Hämatoxylinfarbe angenommen haben. Die Chromatinkörner in den Strängen des Keimbläschens sowie der Nucleolus haben sich noch stärker schwarz gefärbt.

Was stellt nun die geschilderte halbmondförmige Partie dar? Bekanntlich hat man schon ziemlich lange in Eiern verschiedener Säugetiere im Protoplasma ein eigentümliches Organ beschrieben, welches in etwas verschiedener Weise gedeutet worden ist. Man hat es lange als »Dotterkern» (Balbiani'scher Kern oder Körper) bezeichnet und es in Verhältnis zu der Dotterbildung gebracht. In späterer Zeit, besonders nachdem man es auch im Eie des Menschen in verschiedenen Altersstadien angetroffen (H. v. Winiwarter, O. Van der Stricht) und seine Ähnlichkeit mit einer Zentrosphäre (dem Idiozom) bemerkt hat, scheint man immer mehr zu der Meinung gelangt zu sein, dass es einem solchen Organ entspricht; bei anderen Mammaliern, vor allem bei Kaninchen, hat man teilweise noch gemeint, dass es komplizierter Natur sei. Da es diesmal nicht meine Absicht ist, auf diese Fragen näher einzugehen, so will ich hier nur bemerken, dass ich hin und wieder in den menschlichen Eiern, sowohl bei Neugeborenen als bei Erwachsenen, in den sich mit Eosin rot färbenden Körperchen mit Hämatoxylin stark gefärbte Zentralkörperchen gesehen habe. Sogar in solchen Eiern von Erwachsenen (25-jährig. Frau), welche zu zweien in einem Follikel lagen, hatte jedes Ei sein besonderes Organ gut ausgebildet. Ich könnte hier eine ganze Reihe von Bildern desselben von etwas verschiedener Grösse und Form mitteilen, will es aber diesmal nicht tun, weil die Sache noch näher studiert zu werden verdient. Ein Teil der Bilder deutet offenbar auf die Richtigkeit der Annahme, dass hier im menschlichen Ei eine echte Zentrosphäre vorliegt; dann findet sich aber auch eine Anzahl von Eiern, wo in der Kugel des Organs das Zentralkörperchen (d. Zentriol) sich nicht nachweisen lässt. Ich stimme deshalb den Kollegen (Waldeyer, Van der Stricht u. a.) bei, dass noch eingehendere Untersuchungen, und zwar bei verschiedenen Tiereiern, nötig sind, um zu einem ganz sicheren Schluss über dessen Natur zu gelangen.

In dem *Biondi*gemisch (Fig. 19 der Taf. XX) färbt sich auch in den Eiern des Menschen der anfangs verhältnismässig kleine Nucleolus *violett* mit ziemlich rötlicher Nuance; die Chromatinkörnerstränge des Keimbläschens nehmen eine rotviolette Farbe an; das Protoplasma, oder eigentlich das Mitom, wird rot; rot färbt sich auch die eigentümliche, den sogenannten Dotterkern enthaltende Verdichtung im Protoplasma, welche gewöhnlich an einer Seite des Keimbläschens liegt und dasselbe umfasst (Fig. 19) und ein stark rot erscheinendes, kugliges oder ovales Körperchen enthält.

Das das Ei dicht umschliessende Follikelepithel, welches an den jungen Eiern einschichtig, später immer mehrere Schichten erhält, zeigt nach der Biondibehandlung immer stark *grün* gefärbte Kerne; *grün* färben sich dazu die Kerne in dem die Follikel umschliessenden Bindegewebe (Fig. 19).

Rückblick.

Da ich nun zu einem Rückblick auf die Ergebnisse der letzten Abteilung gelangt bin, so werde ich versuchen, dies in einigen kurz gefassten Sätzen zu tun. Zuerst soll die Frage von der *Protoplasmastruktur* berührt werden, und dann will ich die Befunde mittelst der *Biondifärbung* der Eiteile besprechen.

1. In den Eiern der verschiedenen untersuchten Tiere ist nach der Anwendung der Fixierung mit Carnoyschem oder Zenkerschem Gemisch (oder Sublimat-Essigsäure oder Pikrinessigsäure) und Färbung mit Eisenalaun-Hämatoxylin (nach Heidenhain) im *Protoplasma* ein die helle, scheinbar unstrukturierte, nur sehr schwach färbbare Grundsubstanz (das Paramitom Flemming's, das Hyaloplasma von His u. a.) durchspinnendes Geflecht feiner, in kleinen Abständen Körnchen führender, *nicht netzförmig verbundener*, aber mehr oder weniger dichotomisch verästelter *Fäserchen* (das Mitom Flemming's, das Morphoplasma Ballowitz's und His') nachzuweisen. Schon in den jungen

Eiern ist das gewundene Fasergeflecht, obwohl anfangs spärlich, angelegt; es vermehrt sich dann in den wachsenden Eiern immer mehr und tritt in den Eiern der verschiedenen Tierarten durch die Färbung mit Hämatoxylin mehr oder weniger scharf und prägnant hervor. In den reifen, ins Meerwasser gelegten Eiern der Knochenfische (Gobius) ist es in wundervoller Schönheit in der dicken Keimscheibe vorhanden; in den Eiern der meisten anderer Tierarten setzen sich aber im Protoplasma Dotterkugeln oder Schollen ab, welche in ihm fortwährend bleiben und das Fasergeflecht mehr oder weniger verbergen können; in dünnen und gut gefärbten Präparaten ist dasselbe jedoch bei allen den untersuchten Tieren als ein die Dotterkugeln und deren Stränge umspinnendes Geflecht nachzuweisen, und zwar noch im reifen Zustande der Eier.

Das ganze Aussehen und die morphologische Beschaffenheit dieses Fasergeflechts im Protoplasma widerspricht bestimmt dessen Enstehung auf künstlichem Wege (Niederschlag o. d.) durch die Fixierungsflüssigkeiten. Die untersuchten Eier der meisten dieser Tiere wurden auch direkt lebend und frisch in die Flüssigkeiten gebracht.

Die Gobiuseier wurden zuvor aus dem Tiere in Meerwasser gelegt, wodurch das Protoplasma durch seine eigene bewegende Kraft aus dem Dotter ausströmte und den Keimhügel an der Oberfläche des Eies bildete; diese hügelartige Keimscheibe stellt das möglichst reine Protoplasma dar und wäre für experimentelle Untersuchungen ein vorzügliches Material. Für die Umlagerungen und Veränderungen der Bestandteile bei dem Furchungsprozess bietet es ebenfalls ein ausgezeichnetes Objekt dar.

In allen den untersuchten Tiereisorten war *nirgends ein Wabenbau* nachweisbar. Auch in solchen Eiern, wo die Protoplasmasubstanz zwischen den grossen, reichlichen Dotterkugeln zusammengepresst war und um diese nur dünne Alveolarwände bildete, liess sich in *diesen Wänden feststellen, dass sie aus der Paramitom- und Mitomsubstanz bestehen, indem in ihnen die verästelten Fäserchen noch deutlich sichtbar waren.*

2. Durch die *Biondifärbung* konnte in allen untersuchten Tiereisorten dargetan werden, dass sich der *Nucleolus* nicht grün, sondern *violett* färbt; dies ist auch fast überall der Fall hinsichtlich der *Chromatinkörner* in den Strängen des Keimbläschens und der Membran desselben. Diese violette Farbe deutet darauf hin, dass in diesen Partien nicht reines Nuklein (noch weniger reine Nukleinsäure), sondern eine Verbindung dieser Substanz mit ziemlich viel Eiweiss vorhanden ist. Die Chromatinsubstanz enthält mithin in diesem Zustand, nach den Ausführungen M. Heidenhain's, verhältnismässig wenig Nukleinsäure, wenig Phosphor.

In den Ovarialsäcken bei Ascidia intestinalis, und wahrscheinlich auch bei Gobius niger, scheint es in der Tat, wie von mehreren Forschern, und vor allem in der letzten Zeit von J. Schaxel, gezeigt worden ist, dass im Protoplasma der Eier basichromatische Elemente vorkommen, welche nach der Darstellung des genannten Autors aus den Teilen des Kernbläschens durch eine Art »Emission» während einer bestimmten Periode der Ausbildung des ovarialen Eies in dem Protoplasma auftreten, um später grösstenteils wieder abgegeben werden.

5.

Über das Verhalten der Nervenzellen zur Biondifärbung.

Taf. XXI.

Wie im Einleitungskapitel (Nr. 1) hervorgehoben worden ist, wurde schon von anderen Forschern dargetan, dass die *Kerne der Ganglienzellen* wie die der tierischen Eizelle sich *nicht mit Methylgrün färben lassen.* Nach Mosse (1902) unterscheiden sich die *Nervenzelle* und die Eizelle von allen anderen Körperzellen dadurch, dass bei beiden zwar ebenso wie bei allen diesen Zellen das *Kernkörperchen basophil geringeren Grades*, dagegen das *Chromatin nicht basophil*, und hierbei das Chromatin der Nervenzelle neutrophil ist; das Protoplasma der Nervenzelle ist zum Teil basophil (Nissl'sche Schollen), zum Teil oxyphil (Zwischensubstanz). Und Martin Heidenhain äusserte (1907): »dass *Kerne, welche der Regel nach nicht mehr in Mitose eintreten, häufig arm an Basichromatin, reich an Oxychromatin sind.* Diese meine Wahrnehmung ist oftmals bestätigt worden. Sie betrifft in erster Linie die Kerne der Nervenzellen.»

Was nun die *Eier* anbelangt, habe ich in den vorigen drei Kapiteln bei verschiedenen Tierarten nachgewiesen, dass die Eikerne nur in der eigentlichen Mitose und etwas vor und nach derselben sowie betreffs der Richtungskörper in den Chromosomen das Methyl*grün* des Biondigemisches annehmen; im Ruhezustand färben sie sich *rot* oder *violett;* die Kerne der Zellen in den Blastulae und Gastrulae nehmen jedoch bei Echiniden und Asteriden die *grüne* Farbe auch in der Ruhe an.

In dieser Abteilung will ich nun das Verhalten der *Nervenzellen* zu dem Biondigemisch behandeln. Hierbei muss ich mich jedoch, um mich nicht zu weit auszubreiten, darauf beschränken, einige typische Beispiele auszuwählen. Von den *Fischen* habe ich also die *Myxine glutinosa* und den *Squalus acanthias*, von den *Urodelen* die *Salamandra maculata*, von den *Säugetieren* das *Kaninchen* für eine kurze Besprechung dieser Verhältnisse gewählt.

Bei *Myxine* färben sich (im erwachsenen Zustande) im Rückenmark und Gehirn die *Nervenzellen*, so weit ich gefunden habe, bloss *rötlich;* nur der Nucleolus des Kerns nimmt eine mehr *violette* Farbe an, das Kerngerüst erscheint kräftig rot, mit kaum angedeutetem violettem Anstrich. Dagegen färben sich alle Kerne in dem um die Ganglienzellen gelegenen Ependym, bezw. in den Neurogliazellen ausgeprägt grün. Die Fig. 1 zeigt aus einem Querschnitt des Rückenmarks zwei in der grauen Substanz gelegene Ganglienzellen, eine grössere und eine kleinere, welche in der angegebenen Weise von dem Biondigemische gefärbt worden sind, und ringsum sie finden sich die grünen Kerne der Ependym-Neurogliazellen.

Bei dem *Squalus acanthias* zeigten sich die Verhältnisse ganz ähnlich. In Fig. 4 ist aus dem Ganglion gasseri eines erwachsenen Tieres eine bipolare Ganglienzelle in starker Biondifärbung wiedergegeben, und rechts von ihr sieht man ein kurzes Stück einer markhaltigen Nervenfaser. In der Zelle findet man den Zellkörper mit den beiden Fortsätzen rot gefärbt, den Kern mit rotem Gerüst, aber mit kräftig *violettem Nucleolus;* an der mit rotem Axenzylinder versehenen Nervenfaser sind zwei stark *grüne* Kerne vorhanden, von denen der eine an der Innen-, der andere an der Aussenseite der Schwannschen Scheide liegt. In den guten Präparaten zeigten sich die Verhältnisse überall einerlei.

Unter diesen Umständen schien es mir, von Interesse zu erfahren, wie sich die Nervenzellen bei den Embryonen der Haie verhalten. An Schnitten vom Gehirn und Rückenmark 20 bis 30 mm. langer Embryonen derselben Haiart färben sich die Kerngerüste der ruhenden Zellen *rötlich*, mit mehr oder weniger hervortretender violetter Nuance. Nur an den in Mitose befindlichen Zellen tritt die grüne Farbe auf, und zwar in sehr ausgeprägtem Grade. Die Fig. 2 und 3 der Taf. XXI stellen zwei kleine Partien von einem Querschnitt eines mit Biondigemisch gefärbten Rückenmarks (von einem 20 cm. langen solchen Embryo) dar. Zwischen den mit rotem oder rötlich violettem Kerngerüst versehenen Neuroblasten finden sich drei derartige Zellen mit Kernen in etwas verschiedenen Stadien der Mitose, und in allen dreien sind die Chromosomen intensiv blaugrün. Hierdurch ist also gezeigt, dass auch bei den Neuroblasten in den Mitosestadien die Chromosomen die methyl*grüne* Farbe annehmen.

Bei *Salamandra maculata* färben sich im Biondigemisch auch im erwachsenen Zustande die Kerne der meisten Körperzellen mit auffallender Vorliebe intensiv *grün*. Es könnte von einem gewissen Interesse sein, die verschiedenen Gewebe und Organe in dieser Beziehung durchzuprüfen; bisher fand ich indessen nur zu einer beschränkteren Orientierung Zeit. Bei den verschiedenen Zellarten von epithelialer, muskulärer und bindegewebiger Natur färben sich also die Kerne im allgemeinen grün. Bei den *Nervenzellen* aber nicht. Es schien mir deshalb wertvoll zu erfahren, ob nicht im embryonalen Zustande dieser Tiere im Rückenmark und Gehirn die Kerne der Nervenzellen sich grün färben, und wann und wie der Übergang zu dem Verhalten der sich rötlich färbenden älteren Zellen vorsichgeht. Bei den Salamanderlarven von 25—30 mm. liess sich dies schön eruieren. In der Fig. 5 der Taf. XXI ist der Querschnitt des Rückenmarks einer solchen Larve wiedergegeben; ringsum den Zentralkanal (links in der Fig.) sieht man eine gedrängte Menge von Neuroblasten, mit je einem Kern mit grünem Gerüst; in einem dieser Kerne ist das Gerüst in der Spiremphase von Mitose; an der äusseren Seite dieser grossen Neuroblastenansammlung erkennt man rechts, an der Grenze zu der rotgefärbten Zone von quergeschnittenen Nervenfasern der Seitenstränge, drei grössere Nervenzellen, an denen der rotgefärbte Zellkörper deutlich hervortritt und wo in den grossen Kernen sowohl grünliche als auch violette Körner sichtbar sind. In der Fig. 6 *a* habe ich eine kleine Partie dieser Grenzzone in stärkerer Vergrösserung abgebildet; links sieht man hier mehrere Nervenzellen mit rot gefärbtem, birnförmig auslaufendem Zellkörper und grösstenteils noch grünem Gerüst in dem Kern; in einigen dieser Kerne sind jedoch schon mehr oder weniger rotviolett gefärbte Körner sichtbar, und in der untersten grosskernigen Zelle ist das Gerüst des Kerns überwiegend violett gefärbt, sowie ein stark rotvioletter Nucleolus vorhanden. In der breiten Zone der quergeschnittenen, längsverlaufenden Nervenfasern bemerkt man einzelne grüne Kerne, ebenso an der Hülle des Rückenmarks, in dem umgebenden losen Bindegewebe und in der nach unten von dem Marke gelegenen quergeschnittenen Scheide der Chorda dorsalis.

Nach rechts von dem Querschnitte des Rückenmarks erkennt man in der Figur noch eine interessante Partie, nämlich ein der Länge nach getroffenes Spinalganglion, von dem oben-links die Wurzel brückenartig zum Marke geht und nur grün gefärbte Kerne darbietet. In dem Ganglion selbst sind aber nicht nur *grüne* Kerne vorhanden, sondern auch solche, die ein *violett* gefärbtes Gerüst und violette Nucleoli darbieten; diese letzteren, mehr oder weniger grossen Kerne gehören Zellen an, welche einen grossen, roten Protoplasmaleib besitzen. Im Inneren des Ganglions sieht man auch einen Kern in Mitose mit stark grün gefärbten Chromosomenschlingen. Offenbar hat man in dem Ganglion teils echte Ganglienzellen in Ausbildungsstadien mit dem Kerngerüst grösstenteils schon violett, nur wenig grünkörnig, gefärbt; ein Teil der Kerne müssen jedoch auch Ganglienzellen angehören, die noch ganz grün gefärbte Kerne haben; die übrigen grünen Kerne im Ganglion sind als den Schwannschen Scheiden, den Zellenkapseln und dem Endoneurium angehörig aufzufassen. Die in den Fortsätzen des Ganglions befindlichen grünen Kerne gehören natürlich auch den Hüllen und den Schwannschen Scheiden an.

In dem hier dargestellten Bilde findet man also die gesuchten Übergangsstadien von den Neuroblasten mit nur *grün*gefärbten Kernen zu den Stadien, in welchen die Chromatinsubstanz des Kerns sich *violett-rötlich* färbt, wie dies sich dann stets im fertigen und erwachsenen Zustand der Ganglienzellen erhält.

Beim *Kaninchen* (Fig. 7 der Taf. XXI) sind die Färbungsverhältnisse denen des Haifisches ganz ähnlich. Als Beispiel ist auch aus dem Ganglion gasseri des erwachsenen Tieres die zitierte Figur aufgeführt. Man sieht in dieser Figur 7 drei Ganglienzellen mit rotem Zellkörper und im Kern einen ausgeprägt *violetten* Nucleolus und ein rötlich violettes Chromatingerüst. Dagegen sind alle die die Ganglienzellen umgebenden Kerne, sowohl die der Zellenkapseln, als der Nervenfasern und des Endoneuriums, ausgeprägt *grün*. Fig. 7 *a* ist eine Rückenmarkszelle.

Aus diesen Befunden geht also hervor, dass

1. In den *ausgebildeten Nervenzellen* im Zellkörper und Kern nichts sich im Biondigemisch *grün,* sondern *rötlich* oder *violett* färbt; die letzgenannte Farbe zeigt sich besonders in den Nukleolen und teilweise auch im Kerngerüst.
2. In den jüngsten Stadien, den *Neuroblasten,* färben sich bei einigen Tieren (z. B. Salamandra) die Kerne *grün,* bei anderen (Squalus) violett oder rötlich.
3. In der *Mitose* färben sich bei den Neuroblasten die Kernchromosomen stets *grün.*
4. Bei den erwachsenen Tieren färben sich die Kerne der *Ependym-* und *Neurogliazellen* in der Regel *grün.*

* * *

Es wäre von Interesse, diese Untersuchungen in weiterer Ausdehnung und auf andere Gebiete des Nervensystems bei verschiedenen Tierarten auszudehnen. So z. B. bei den peripheren Nervenzellen im Säugetierkörper, vor allem an den verschiedenen Zellenarten des sympathischen Nervensystems und bei Vertretern der Klassen und Ordnungen der Wirbellosen. Es scheint, nach den Studien, die ich bisher Gelegenheit auszuführen hatte, als ob mehreren Geweben und Organen derselben Art bei den verschiedenen Tierarten eine etwas verschiedene Tendenz zur Färbung mit den Ingredienzen des Biondischen Gemisches innewohnte, was wohl auf einen wechselnden Säuregehalt hindeuten dürfte: bei derselben Tierart scheint dagegen bei gleicher Behandlung eine in der Regel konstante Tendenz vorzuherrschen.

Unter den mit dem Nervensystem näher verbundenen Organen dürften die verschiedenen *Sinnesorgane* ganz besonders in dieser Hinsicht verdienen, berücksichtigt zu werden. Weil ich bisher nicht Zeit hatte, eine umfassendere Untersuchung in dieser Richtung auszuführen, so werde ich mich diesmal darauf beschränken, einige Befunde betreffs des Verhaltens der *Retina* zur Biondifärbung mitzuteilen. In der Retina haben im allgemeinen die Kerne eine Tendenz, sich mit dem Methyl*grün* zu färben. Vor allem gilt dies hinsichtlich der Kerne der äusseren Körnerschicht. In den Fig. 8, 9 und 10 der Taf. XXI habe ich in geringerer Vergrösserung (Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Okul. 4: dieselbe Vergr. wie die der Fig. 5) einige Partien von den mit Biondigemisch gefärbten Vertikalschnitten der Retina von einem Urodel, *Salamandra maculata*, einem Vogel, *Garrulus glandarius* und einem Säugetier, *Lepus cuniculus*, wiedergegeben. In allen dreien erkennt man in der *äusseren Körnerschicht* eine deutliche Grünfärbung der Kerne. Auch in der *inneren Körnerschicht* sind alle Kerne hier grün. In der *Ganglienzellenschicht* ist dies ebenso bei Salamandra in ganz ausgeprägter Weise der Fall; bei Garrulus findet man auch grüngefärbte Körner in diesen Zellkernen; bei Lepus sind einzelne solche grünliche Körner bemerkbar, im ganzen sind jedoch die Kerne dieser Nervenzellen vorwiegend violettrot gefärbt. Bei verschiedenen Säugetieren, deren Retina ich in dieser Beziehung untersuchte, war diese letztere Färbung ganz überwiegend, oft allein vorhanden. In der Fig. 10 (vom Kaninchen) ist rechts von derselben eine Gruppe von vier Zellen der äusseren Körnerschicht bei stärkerer Vergrösserung (Komp. Ok. 12) wiedergegeben, in denen man die bekannte Zerteilung der Chromatinpartie mittelst einer ungefärbten Scheidewand von Kernsaft bemerkt; die Chromatinsubstanz ist auf zwei Halbovale verteilt. Ich hoffe ein anderes Mal auf diese Fragen zurückkommen und dabei noch andere Sinnesorgane behandeln zu können.

6.

Über das Verhalten der sich entwickelnden Spermien der Mammalier zu der Biondifärbung.

Taf. XXII und Taf. XXIII, Fig. 1—8.

Das Verhalten der fertigen Spermien zu der Biondifärbung vor und während der Befruchtung der Eier ist hier oben in der zweiten und dritten Abteilung, und zwar bei Echinodermen und Ascariden, behandelt worden. Wie sich die Spermien in den verschiedenen Stadien ihrer Ausbildung zu dieser Färbungsweise verhalten, ist aber noch nicht näher untersucht worden. Da eine genaue Kenntnis von diesen Verhältnissen für die Beurteilung der Veränderungen in dem »Chemismus» dieser Zellen während der verschiedenen Entwicklungsphasen von Interesse sein könnte, habe ich diesem Problem eine Reihe von Untersuchungen, und zwar vor allem bei den Wirbeltieren, gewidmet. Da aber eine Schilderung der fraglichen Befunde bei mehreren verschiedenen Vertretern dieser Klasse viele Abbildungen und einen grösseren Platz im Texte erforderte, als ich diesmal ihr widmen kann, und zugleich zu Wiederholungen Anlass geben würde, so habe mich darauf beschränkt, nur *einen* solchen Vertreter aus der Mammalierklasse auszuwählen. Zu diesem wählte ich den *Menschen,* weil mich die bei ihm bisher verhältnismässig weniger studierte Spermiogenese ganz besonders interessierte. Von meinem Kollegen Herrn Professor Dr. Emil Holmgren, erhielt ich ein gleich nach dem Tode eines hingerichteten Individuums in Carnoyschem Gemisch gut fixiertes Stück des Testikels, und ich erlaube mir hiermit dem Herrn Professor Holmgren für dieses vorzügliche Material meinen herzlichen Dank darzubringen. Die Färbung der mikrotomierten Schnitte geschah sowohl mit dem Biondigemische als zum Vergleich auch nach der Eisenalaun-Hämatoxylinmethode von M. Heidenhain.

Auf der Taf. XXII habe ich nach den zahlreichen schönen Biondi-Präparaten teils ein Gesamtbild (Fig. 1) im Vertikalschnitt von einer Reihe der typischsten Entwicklungsphasen der Spermiogenese zusammengestellt, teils auch eine Anzahl einzelner solcher Phasen hinzugefügt.

Dass sich die Köpfe der Spermien auch beim Menschen in dem Biondigemische intensiv grün färben, ist schon längst bekannt; ebenso dass die übrigen Teile derselben dabei mehr oder weniger rötlich gefärbt erscheinen. Die Grünfärbung der Köpfe ist aber in der Regel keine gleichmässige; die hintere dickere Kopfpartie zeigt sich viel dunkler grün als die vordere und bietet gegen die letztere gewöhnlich eine ziemlich bestimmte Grenze dar. Die vordere Partie ist, obwohl in der Regel bedeutend heller, jedoch auch von einer grünen Farbe, die je nach der Stärke der Färbung eine verschiedene Nuance bis zum sehr bleichgrünen wechseln kann. Die Fig. 17—27 stellen eine Reihe solcher Spermieköpfe von verschiedener Grösse und Form und in verschiedener Lage dar: die Fig. 17—19 und 23—27 von der breiten Fläche und die Fig. 20—22 von der Kante her. In der Flächenlage der Köpfe tritt im allgemeinen der Farbenunterschied der vorderen und der hinteren Partie viel stärker hervor als in der Kantenlage. Die Grenze zwischen den beiden Partien kann, wie angedeutet wurde, verschieden scharf sein; in den Fig. 17, 19, 23, 27 ist sie scharf, in den Fig. 18, 24, 26 weniger scharf, z. T. etwas verschwommen; die Grenzlinie ist bald mehr gerade, bald nach vorn oder hinten etwas gebogen. Die hintere dunkle Partie reicht etwas verschieden weit nach vorn hin, in der Regel aber nicht ganz bis zur Mitte der Kopffläche; an Köpfen sehr geringer Grösse (Fig. 25) kann sie auffallend viel grösser sein als die vordere.

Von der Kante betrachtet, erscheint die vordere Kopfpartie in der Regel weit stärker grün als in der breiten Flächenansicht (Fig. 20); nicht selten bemerkt man an solchen Köpfen keinen eigentlichen Unterschied, keine bestimmten Grenzen zwischen der vorderen und der hinteren Partie (Fig. 22); zuweilen, bei schwächerer Färbung (Fig. 21), ist aber die vordere Partie entschieden heller.

In der vorderen, helleren Partie erkennt man in der breiten Flächenlage oft etwas dunklere, grüne Körner und Flecken (Fig. 17—19).

Ringsum den Kopf bemerkt man oft eine mehr oder weniger deutlich rötlich gefärbte, ihm dicht anliegende Kontur, welche offenbar der sehr dünnen protoplasmatischen Hülle, resp. der Kopfkappe, entspricht; am vorderen spitzen Ende des Kopfes erkennt man in der Kantenansicht, mehr oder weniger ausgeprägt, diese Hülle in der Form eines roten Knopfes (Fig. 20).

Das Verbindungsstück färbt sich sowohl an den normalen, einschwänzigen, als in den doppelschwänzigen (Fig. 26 und 27) entschieden rot mit undeutlich körniger Zusammensetzung. Die Hauptstücke erscheinen noch heller rötlich.

Im Zusammenhang hiermit will ich indessen auch eine abnorme Art von Spermien berühren, welche recht oft im menschlichen Sperma vorkommt, deren Natur aber noch nicht sicher eruiert ist; man trifft nämlich in den Spermapräparaten einzelne Spermieschwänze, welche an ihrem einen (dickeren) Ende keinen wirklichen Kopf haben, sondern mit einem kleinen, rundlichen Knöpfchen endigen. Dass man es hier mit einem verkümmerten Kopf zu tun hat, ist im allgemeinen angenommen. Die Biondifärbung lehrt nun, dass in diesem Knöpfchen keine grüne Farbe auftritt. Die Fig. 28 stellt die vordere Partie einer solchen Spermie dar. Die Ausbleibung der grünen Färbung im Biondigemisch zeigt, dass bei diesen abnormen Spermien im Knöpfchen kein Chromatin vorhanden ist und dass also der eigentliche Kopf fehlt. Das rotgefärbte Knöpfchen entspricht dann nur den protoplasmatischen Resten des Spermiekopfes.

Ich habe die Schilderung der fertigen Spermien vorausgeschickt, um nun zu der eigentlichen Darstellung der *Veränderungen während der Spermiogenese* überzugehen. In der Fig. 1 der Taf. XXII ist, wie schon oben erwähnt, eine Anzahl der in ihrer natürlichen Lage angeordneten Zellen einer in normaler Sekretion befindlichen Testisröhre abgebildet. Man trifft in dieser Partie eines Vertikalschnittes einer solchen Röhre die wichtigsten Entwicklungsstadien der während der Spermiogenese vorkommenden Zellen des »sezernierenden» Drüsenepithels. Oben erkennt man den Durchschnitt der äusseren Hülle der Röhre, mit Andeutung ihres geschichteten Baues und mit den bläulich gefärbten Kernen ihrer bindegewebigen Zellen. Unten in der Figur findet sich der Lumenraum der Röhre mit den in diesen hineinragenden, in ihrer Ausbildung begriffenen Spermiden und Spermien.

Zwischen der Hülle und dem Lumen findet man die in der Spermiogenese befindlichen Übergangsformen und ausserdem zwei grosse *Fusszellen* (Sertolische Zellen), welche von der äusseren Hülle bis in das Lumen hinein reichen. In dem rötlich gefärbten, der Länge nach feingestreiften Zellkörper dieser Fusszellen erkennt man je einen ovalen Kern, dessen sphärischer Nucleolus *violett* gefärbt ist; eine rötlich violette Farbe haben auch die Körnchen der Stränge des Kerns angenommen.

Zwischen und neben den an der äusseren Hülle mit breitem Fuss angehefteten Sertolischen Zellen bemerkt man die Lage der *Spermiogonien* in verschiedenen Phasen ihrer Ausbildung; in den zwei mittleren erkennt man offenbar den ruhenden Zustand mit *violett* gefärbtem, netzförmigem, dünnem Chromatinstranggerüst in den Kernen; in der rechts davon befindlichen Zelle ist dies Gerüst dicker, aber auch violett; links liegt neben den erstgenannten zwei mittleren (mit violetten Kernen) eine Zelle mit stark *grünem* Chromatingerüst und einzelnen rötlich-violetten Körnern in dem Kern; diese Zelle kann eine Übergangsphase vor oder nach dem Teilungsstadium einer Spermiogonie bilden, wahrscheinlich jedoch die letztere Alternative. Ein echtes solches Teilungsstadium stellt die grosse Zelle, welche an der linken Ecke der Figur, unter der Hülle, gelegen ist, dar; in dieser angeschwollenen ovalen Zelle, deren Protoplasma aus einem feinen, rotmaschigen Gerüst und hellen Maschenräumen besteht, findet sich der Kern im Zustand der Spindelbildung mit stark grünen Chromosomen; die Zentralkörper und die Spindelfasern sind aber hier nicht sichtbar. In den Fig. 3—8 sind aber einige einzelne Zellen in verschiedenen Phasen des Teilungsstadiums mit Spindeln wiedergegeben, und zwar teils von der Seite (Fig. 3, 6, 7), teils von den Enden her (Fig. 4, 5, 8). In allen diesen Zellen sieht man die ovalen Chromosomen stark grün gefärbt. In Fig. 1 bemerkt man, ausser der schon erwähnten Zelle mit grünem Kerngerüst, noch zwei andere solche in der Nähe der Mittellinie, welche wahrscheinlich von geteilten Spermiogonien herstammen; in ihren Kernen sind einzelne rötlich-violette Körner sichtbar. Links von der linken Sertolischen Fusszelle, unter der sich teilenden Zelle

mit den grünen Chromosomen, liegt ferner eine Zelle, deren Chromatinstränge im Kern teils grün, teils violett sind, und in den sechs weiter unten in der Figur sichtbaren Zellen mit ganz *violetten* Kernsträngen erkennt man eine weiter vorgeschrittene Phase von Farbeveränderung der Chromatinsubstanz, welche Phase jedoch nicht lange besteht, indem ja bald neue Teilungen der Zellen eintreffen sollen. In den rechts von der Mittellinie gelegenen zwei Zellen mit stark *grün* gefärbten Chromatinfaden-Schlingen ist eine der Zellteilung vorausgehende Phase abgebildet, welche bei der Spermiogenese im Hodenepithel oft und reichlich vorhanden ist. Die Fig. 2 stellt eine einzelne solche Zelle dar. In dieser Phase sind gewöhnlich die Fadenschlingen nach einer Seite des sonst hellen und strukturlosen Kernraums zusammengezogen; die Kerngrenze ist aber selbst schon undeutlich, indem die Membran in Auflösung begriffen ist.

Weil es mir nicht möglich ist, die ganze Reihe der verschiedenen Teilungsstadien der Spermiozyten zu schildern, was nicht in dem Plane dieser Mitteilung liegt, so will ich hier nur einige der wichtigsten derselben besprechen. Die Spindelstadien der Spermiozytenteilungen sind nicht besonders zahlreich, doch trifft man sie dann und wann in den Präparaten und nicht selten in Gruppen, in denen einzelne Zellen recht tief, bis zu der Spermiogonienschicht, dringen können, die meisten aber bis in die Nähe des Lumens reichen; rechts in der Fig. 1 sind sechs solche Spermiozyten im Spindelstadium wiedergegeben; man erkennt sie an ihren geringeren Grössenverhältnissen und der stets reduzierten Anzahl der Chromosomen, welche indessen stets eine intensiv *grüne* Farbe darbieten.

Diese also geteilten Spermiozyten, welche zuletzt in das Spermidenstadium übergehen, verändern sich dabei nicht nur hinsichtlich ihrer Gestalt und ihres Kernbaues, sondern auch betreffs der Färbbarkeit des Kerns. Am Lumen sieht man in der Mitte der Figur, zwischen den beiden Gipfeln der Sertolischen Zellen, vier solche Spermidenzellen, welche aus der letzten Zellteilung horvorgegangen sind. Sie haben alle verhältnismässig kleine, reduzierte, runde Kerne mit *violett* gefärbtem, netzförmigem Kerngerüst und violetter Membran. Sie sind in das »Ruhestadium» eingetreten.

Nun trifft aber bald wieder die merkliche Veränderung in diesen Spermiden — oder vielleicht richtiger Praespermiden — ein, dass gleichzeitig mit einer Verkleinerung des sphärischen Kerns (Fig. 12—13) auch von neuem eine Veränderung in ihrer Färbbarkeit eintrifft. Sie beginnen sich wieder *grünlich* zu färben; die Fig. 14 stellt ein solches Zwischenstadium dar, in dem die violette Farbe der grünlichen nochmals weicht, um bald, bei der fortgesetzten Ausbildung des Kerns zum Spermiumkopf (Fig. 15 und 16) in eine intensiv *grüne* überzugehen; zugleich mit dieser Umwandlung entwickelt sich auch der Körper der Spermidenzelle, ihr Protoplasma, immer mehr zum Körperapparat, resp. Schwanz der Spermie (Fig. 13—16). In der Fig. 1, unten an der Lumengrenze, sieht man in den Gipfeln der beiden Sertolischen Zellen die eben geschilderte Umwandlung der Spermiden zu Spermien vorsichgehen. Links von der Mittellinie sind zwei Spermiden in der Phase, in welcher die violette Färbbarkeit die grüne noch überwiegt; rechts davon sind fünf Spermiden von weiter ausgebildeter grüner Färbbarkeit abgebildet; in beiden diesen Phasen bemerkt man an dem unteren Kernumfang, der Basis des angelegten Spermiumkopfes, eine deutliche Verdichtung der Chromatinsubstanz, zuerst von *violetter*, dann von *grüner* Färbbarkeit. Es ist diese Verdichtungspartie von Interesse, weil sie offenbar der stark verdichteten unteren Partie des reifen Spermiumkopfes entspricht und ihre erste Anlage darstellt. Die Fig. 15 und 16 geben auch hiervon eine gute Andeutung.

In den sich ausbildenden Köpfen dieser jungen Spermien (Fig. 14 und 16) bemerkt man ferner Flecken, welche die Farbe stärker annehmen und offenbar den früheren Knotenpunkten des Gerüstwerkes der noch ganz jungen Spermiden- und Praespermidenkerne entsprechen (Fig. 12, 13, 14). Diese Flecken sind oft noch in den reiferen Spermien (Fig. 17, 18, 19) bemerkbar oder angedeutet. In den in Fig. 1 abgebildeten Spermiden sind auch diese körnchenförmigen Flecken angegeben.

In der folgenden weiteren Ausbildung der Spermiden zu Spermien nimmt dann die Färbbarkeit für die methyl*grüne* Farbe noch mehr zu und endigt mit dem oben am Anfang dieser Mitteilung näher beschriebenen Zustand, welcher in den Fig. 17—27 dargestellt worden ist.

Wie ich oben geschildert habe, trifft in der Spermiogenese die Veränderung der Färbbarkeit der Chromatin substanz der Kerne jedesmal ein, wenn die betreffenden Zellen in ein Teilungsstadium eintreten. Die in den Ruhestadien vorhandene violette oder rötlich violette Färbbarkeit geht in den Einleitungsphasen des Spindelstadiums allmählich in eine grüne über, um im Spindelstadium in eine intensiv grüne überzugehen, wonach in den Übergangsphasen zum Ruhestadium allmählich wieder die Färbbarkeit ins Violette von neuem entsteht. Diese

Befunde stimmen also mit den bei der Untersuchung der Teilungserscheinungen in den Eiern der Echinodermen, der Ascariden u. s. w., welche oben beschrieben worden sind, gemachten gut überein.

Bei den Spermien kommt aber dann eine neue Phase hinzu, welche mit den Teilungsphänomenen nichts weiteres zu tun hat: Bei dem Übergang der Spermiden in Spermien, also bei der Reifung dieser letzteren, verändert sich die Färbbarkeit des Chromatins, in einer sehr auffallenden Weise. Es tritt eine ganz prägnante Affinität für die grüne Farbe auf, welche eben so stark ist wie bei den Chromosomen der Spindelphase des Teilungsstadiums. Es deutet diese Erscheinung auf eine Ausbildung von sehr reinem Nuklein (resp. von Nukleinsäure) bei der Ausbildung der Spermiumköpfe, auf eine Aufnahme von Phosphor während dieses Aktes, hin. Und diese chemische Zusammensetzung scheinen dann die Spermiumköpfe — im Gegensatz zu dem Verhalten bei dem Teilungsakte, bei welchem sie sich schnell verändert resp. verschwindet — immerfort zu behalten, indem sie sich erst bei dem Befruchtungsakte verliert.

Wie intensiv diese Tendenz zur Grünfärbung im Biondigemisch bei den menschlichen Spermien ist, geht u. a. auch daraus hervor, dass sie auch noch längere Zeit, Wochen und Monate, nach der Ausholung des Spermas aus der Samenblase, dieselbe behalten. Ich habe solche Spermien sogar, nachdem sie drei Monate in dieser Weise in einer Schale gelegen und eine starke Fäulnis des Spermas durchgemacht hatten, im Biondigemisch untersucht und die Köpfe noch grün gefärbt bekommen. Bekanntlich widerstehen die Spermien des Menschen und im allgemeinen der höheren Tiere dem Fäulnisprozess in ganz wundervollem Grade; man sieht an ihnen kaum irgendwelche Veränderungen.

* * *

Zum Vergleich mit den oben beschriebenen Verhältnissen bei der Färbung der Hodenzellen des Menschen während der Spermiogenese habe ich auch denselben Prozess bei einer Anzahl anderer Tiere untersucht und im ganzen ähnliche Ergebnisse erhalten. Die Tendenz zur Grünfärbung im Biondischen Gemisch scheint jedoch bei den verschiedenen Tierklassen etwas zu wechseln. Bei einigen, vor allem bei den Urodelen, scheint sie auffallend stark, bei anderen, z. B. den Vögeln, weit geringer zu sein. Da aber diese meine Untersuchungen noch nicht abgeschlossen werden konnten, will ich mich diesmal darauf beschränken, die Verhältnisse bei der Spermiogenese von *Salamandra maculata* kurz zu besprechen und eine Abbildung (Fig. 1 der Taf. XXIII) mitzuteilen. Die Grünfärbung der Chromosomen während des Teilungsprozesses der Hodenzellen ist ausserordentlich stark und intensiv. Die Fig. 2 der Taf. XXIII stellt mehrere Phasen dieses Prozesses dar, die Spirembildung, die Spindelbildung, die Tochtersternbildung und Teilung, sowie rechts unten (Fig. 1—2) zwei Übergangsphasen von und zu dem Ruhestadium, in welchen die grün gefärbte Chromatinsubstanz in eine violett-rötliche mit mehr oder weniger zerteilten Stäbchen und Kugeln übergeht, wiedergegeben ist. Diese Figuren sind nur als losgerückte Beispiele des ganzen Prozesses zu betrachten; um ihn eingehend zu beschreiben, müsste eine weit vollständigere Reihe von Abbildungen mitgeteilt werden, was ich diesmal nicht beabsichtige.

Aus der Spermiogenese von *Myxine* füge ich indessen auf der Taf. XXIII eine kleine Reihe von Figuren (Fig. 3—8) bei, welche einige Phasen des Teilungsstadiums der Spermiozyten wiedergeben. Diese Figuren können als eine Illustration zu der Darstellung, die ich von diesen Verhältnissen im Jahre 1890 lieferte, und noch mehr zu den später von A. und K. E. Schreiner in den Jahren 1904 und 1908 veröffentlichten, eingehenden und schönen Untersuchungen über diesen Gegenstand dienen. Man kann nun in diesen Abbildungen von Biondipräparaten die Veränderungen in der Beschaffenheit des Chromatins in ähnlicher Weise wie bei den anderen Tieren verfolgen. In den Vorbereitungsstadien (Ruhestadien) zur Teilung färbt sich das Netzwerk im Kerne der Spermiozyten *rot*, um dann immer mehr sich grünlich färbende Körner darzubieten und zuletzt in der Spindelphase intensiv grüne Chromosomen aufzuweisen.

7.

Ein Fall von Hermaphroditismus bei Asterias rubens L.

Taf. XXIII, Fig. 9—12.

Als ich im letztverflossenen Frühling in der zoologischen Station der schwed. Akademie der Wissenschaften mit Untersuchungen über die Eier und die Befruchtungserscheinungen bei dem an unserer Westküste gewöhnlichen Seestern *Asterias rubens* L. beschäftigt war und die Geschlechtsorgane einer bedeutenden Anzahl dieser Tiere durchmusterte, traf ich gelegentlich einen solchen, schon ziemlich weit erwachsenen (zwischen den am meisten divergierenden Armspitzen etwa 22 cm. messenden) Asterias, in dessen stark entwickelten Geschlechtsdrüsen beinahe reife, sowohl Spermien als Eier vorkamen. Bei einer näheren Untersuchung zeigte es sich, dass dies in allen Drüsensäcken der Fall war. Ich fixierte deshalb Stücke derselben, teils in Carnoyschem, teils in Zenkerschem, teils in Pikrinessigsäure-Gemisch. Bei genauerem Studium von Schnitten des gehärteten Materials bestätigte es sich sofort, dass ich einen echten *Hermaphroditen von Asterias rubens* angetroffen hatte. So weit mir bekannt war, hatte man bisher bei dieser Art noch keinen solchen Fall gefunden. In Ludwig-Hamann's[1]) Darstellung der Echinodermen (Die Seesterne, C. Ontogenie) in Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs heisst es ja: »Die Asteriden sind getrennt geschlechtlich. Nur von *Asterina gibbosa* ist durch die Untersuchungen von Cuénot ein Hermaphroditismus festgestellt. Es sollen Eier wie Spermatosomen in denselben Geschlechtsorganen erzeugt werden, indem die jungen Thiere von etwa 12 mm. männlich, die älteren weibliche sind. Ludwig bestreitet auf Grund der von ihm in Neapel untersuchten Thiere zunächst die Grössendivergenz zwischen Männchen und Weibchen und bezweifelt nach seinem Material die Zwittrigkeit überhaupt. Ebenso hat Macbride seine Zweifel an Cuénot's Angaben ausgeprochen».

Ich untersuchte nun sogleich im Mai das Material von den Geschlechtsdrüsen des von mir angetroffenen Hermaphroditen genau und erhielt ganz ausgezeichnete, teils mit Eisenalaun-Hämatoxylin, teils mit dem Biondigemisch gefärbte Präparate, von denen ich eine Auswahl charakteristischer Partien in Abbildungen wiedergab. Als im Sommer die hervorragenden Echinodermen-Forscher der Präfekt der Station, Professor Hj. Théel, und Herr Doctor Th. Mortensen aus Kopenhagen die Station besuchten, legte ich ihnen einige meiner Präparate vor. Beide erklärten sich bisher nie einen solchen Hermaphroditismus bei Asterias rubens gesehen zu haben. Dr. Mortensen hatte auch die Güte, mir zu versprechen, in der betreffenden Literatur näher hierüber nachzusehen. Nachdem Dr. Mortensen kurz nachher mir mitgeteilt hatte, dass er nichts weiteres von Bedeutung angetroffen, und ich meinen Aufsatz über den Befund schon zum Druck vorbereitet hatte, erhielt ich von ihm im Oktober eine neue Mitteilung, dass im Zoolog. Anzeiger vom 5. Sept. dieses Jahres von Dr. P. Buchner[2]) ein Aufsatz »Über hermaphrodite Seesterne» veröffentlicht ist, in welchem ein Fall von Hermaphroditismus bei einem Seestern, nämlich von *Asterias glacialis*, beschrieben worden ist. Ich erwähne diese Umstände, weil es ja ganz eigentümlich ist, dass zu ungefähr

[1]) Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs, wissensch. dargestellt in Wort und Bild. II. Band, 3. Abth., Echinodermen, beg. v. H. Ludwig, fortges. v. O. Hamann, II. Buch. Die Seesterne (1894—) 1899.

[2]) Paul Buchner, *Über hermaphrodite Seesterne.* Zoologischer Anzeiger, 5. Sept. 1911, Band 38, N:r $^{11}/_{12}$.

gleicher Zeit, obwohl bei verschiedenen Arten, von Dr. Buchner und mir zwei offenbar sehr ähnliche Fälle von dem bei Asteriden so seltenen echten Hermaphroditismus bemerkt und veröffentlicht werden. Aus dieser Mitteilung Dr. Buchner's füge ich nun, was mir noch nicht bekannt war, zu diesem meinem Aufsatz hinzu, dass Cuénot im J. 1898 seine früheren Angaben über Asterina bestätigt und dabei auch gefunden hatte, dass die Verhältnisse einer starken lokalen Variation unterworfen sind. »Bei Asterina von Roscoff waren die beiden Generationen der Drüsen am reinlichsten geschieden, die Tiere von Banyuls zeigten auch Protandrie, aber die Stadien waren nicht so scharf getrennt. In Neapel, von wo Ludwig's Tiere stammten, aber macht dem ein regelloser Polymorphismus Platz. Hier findet man Männchen ohne eine Spur von Ovozyten, Weibchen ohne Spermatozyten, functionierende Hermaphroditen mit Eiern und reifem Sperma und alle Übergänge, darunter auch Ovarien, in denen nur verschwindende Spuren von Samenzellen eingesprengt lagen. Cuénot schreibt daher, dass ohne Zweifel die Neapeler *Asterina gibbosa* im Begriffe sei, aus dem protandrischen in den getrenntgeschlechtlichen Zustand überzugehen.»

Dann fügt Buchner noch hinzu: »In der gleichen Arbeit (1898) bringt Cuénot in einer Fussnote die Notiz, dass er als Abnormität ein einziges Mal in Roscoff ein Individium von *Asterias glacialis* L. gefunden hatte, das, ein erwachsenes Weibchen, in den Ovarien kleine männliche Regionen mit Spermatozoen enthielt... Als einzige weitere Angabe über gelegentlichen Zwitter bei Echinodermen fügt sich die von Viguier (1900) für *Sphaerechinus granularis* an.»

Buchner geht dann zur Beschreibung seines Falles von Hermaphroditismus bei *Asterias glacialis* über und veröffentlicht, umsomehr als Viguier und Cuénot keine Abbildungen von ihren Fällen mitgeteilt haben, vier Figuren von seinem eigenen Falle. Im Winter—Frühjahr 1909—1910 an der Zoolog. Station in Neapel mit Untersuchungen über die Eireifung bei Asterias glacialis beschäftigt, traf er ein Tier an, das ein so hochgradiger Zwitter war, dass man ihn nicht mehr als ein Weibchen mit eingesprengten Hodenteilen betrachten konnte. Etwa die Hälfte der Drüsen waren Hoden, die anderen Ovarien. Eier und Sperma waren reif und befruchtungsfähig. Die Ovarien waren orange, die Hoden weisslich. In der Nachbarschaft der eingesprengten Hodenbläschen liegen zwischen den nahezu erwachsenen Eiern sehr oft grosse Spermienansammlungen. Stellen kommen in der Drüse vor, wo eine räumliche Trennung der Entstehungsorte gegeben ist, aber auch solche, wo in einem völlig männlichen Follikel ganz vereinzelte junge Ovozyten mitten in den Spermatogonien und Spermatozyten gelegen sind, und die noch mit dem Fussteil der Follikelwand anliegen. Ob der umgekehrte Fall, dass in einer Wand, die mit jungen Ovozyten besetzt ist, kleine Spermatozytennester vorkommen, eintreffen kann, konnte Buchner nicht mit Sicherheit angeben.

Wie schon oben bemerkt wurde, scheint *mein* Fall von Hermaphroditismus bei *Asterias rubens* dem Buchner'schen bei *Asterias glacialis* sehr ähnlich zu sein. Bei meinem Tier fanden sich in den sämtlichen Geschlechtsdrüsen sowohl Eier als Spermien, und zwar in allen möglichen Verhältnissen von Mischung; bald fand sich mehr von Eizellen, bald mehr von Spermien, in etwas verschiedenen Stadien der Ausbildung.

In manchen Drüsensäckchen waren die Spermien in ganz überwiegender Masse vorhanden; in einzelnen schienen sie sogar allein vorzukommen; zuweilen traf man in solchen Spermiensäckchen vereinzelte Eier verschiedener Grösse — bald mit einem Fusse an der Innenfläche der Wand befestigt, bald von dieser abgetrennt — in die Spermienmasse eingeschlossen. In anderen Säckchen traf man mehr oder weniger zahlreiche Eier in eine noch überwiegende Spermienmasse zu kleineren oder grösseren Gruppen in der verschiedensten Anordnung eingesprengt; in noch anderen nahm die Eimasse noch mehr überhand, wobei die einzelnen Eier von mehr oder weniger grossen Spermienpartien voneinander getrennt waren, oder auch, ohne solche Zwischenpartien, dichter aneinander lagen. In der Regel fanden sich in diesen Präparaten Eier sowohl an der Wandung der Säckchen als auch im Innenraum ihres Lumens. Die an der Wandung gelegenen sassen an ihr mit breiterem oder schmälerem Fusse; manche solche Eier waren eben in dem Stadium der Ablösung von der Wand, um im Lumenraum und von Spermienmassen umgeben ihre weitere Ausbildung fortzusetzen. Diese von der Wandungsfläche abgelösten Eier waren in der Regel mehr weniger vergrössert und höher entwickelt, indem sowohl ihr Zellkörper als der Kern und das Kernkörperchen sich nicht nur abgerundet, sondern auch vergrössert hatten. In der Biondifärbung zeigten sie sämtlich die violette Farbe am Kernkörperchen sowie auch an den Chromatinkörnern und der Membran des Kerns, während sich der Eikörper selbst stets rötlich färbte.

Die *Spermien* lagen, wie in den normal ausgebildeten Hoden, teils in den schmalen Spermiozytenröhren, welche im äusseren Umfange der Drüsensäckchen mehr oder weniger senkrecht gegen deren Wandung nebeneinander angeordnet sind und nach dem Lumen hin, hier und da dichotomisch verästelt, sich öffnen, teils, und zwar in mehr oder weniger ausgereiftem Zustande in grossen, gedrängten Massen das eigentliche Lumen ausfüllend.

Die Köpfe aller dieser Spermien sowohl als Spermiozyten in den Röhren wie im reiferen Zustande in dem eigentlichen Lumen der Drüsensäckchen waren durch und durch mit dem Methylgrün intensiv gefärbt. Bei schwächerer Vergrösserung traten sie deshalb als eine grosse Menge hellgrüner Körner hervor, während die feinen Schwanzfäden als mehr weniger gewundene rote Streifen erschienen. In den Spermiozytenröhren lagen, wie gewöhnlich, die grünen Köpfe an der Wandung derselben angereiht, und die roten Schwänze nahmen die Mitte der Röhren als ein schmales rotes Bündel ein. Im eigentlichen Lumen der Drüsensäckchen lagen die sich ausreifenden Spermien mit ihren roten Schwänzen in verschieden gemischter Anordnung, teilweise in einer Art von gewundenen Strömen.

Auf der Tafel XXIII habe ich in Fig. 9—12 aus den betreffenden Präparaten einige Partien wiedergegeben, welche in charakteristischer Weise die Anordnung der Eier und Spermien in ihrer natürlichen Lage in den Genitaldrüsensäckchen dieses hermaphroditischen Seesterns darbieten. Diese Anordnung kann ja in mancher Weise variieren; und man könnte noch eine ganze Reihe von wechselnden Bildern aufstellen. Die hier gebrachten Figuren dürften aber hinreichen, um das eigentlich typische Verhalten zu zeigen. Alle diese Figuren sind nach den mit Carnoyschem Gemische fixierten und mit dem Biondigemische gefärbten, dünnen Schnitten, teils (in Fig. 9, 10, 12) in ziemlich schwacher Vergrösserung (Zeiss' Apochrom. 16 mm. Ap. 0,30 K. Ok. 4), teils (in Fig. 11 und 13) stärker vergrössert (Zeiss' Apochrom. 2 mm. Ap. 1,30 K. Ok. 12), wiedergegeben.

Die Fig. 9 stellt den Schnitt durch ein kleines Drüsensäckchen dar, in dem links nur Spermienmassen vorhanden sind, rechts in ebensolchen Massen Eier in zerstreuter Anordnung eingesprengt liegen, während an der Innenfläche der äusseren Wandung kleine, noch wenig ausgebildete Eier, mit mehr oder weniger breitem Fusse befestigt, sichtbar sind.

In Fig. 10 ist ein Durchschnitt eines anderen Drüsensäckchens abgebildet, an dem man rechts ebenfalls eine grosse Spermienmasse wahrnimmt, aber in derselben ein grosses, hoch ausgebildetes und ein sehr kleines Ei, einzeln liegend, bemerkt; links ist aber eine bedeutende Anzahl von Eiern in verschiedenen Entwicklungsstadien und in gedrängter Anordnung vorhanden; zwischen ihnen sind meistens nur ganz kleine Partien von Spermien sichtbar; die weissen Ringe um die Eier entsprechen den hellen Eihüllen.

Fig. 11 stellt die Partie eines Vertikalschnittes durch ein Drüsensäckchen dar; oben sieht man die durchgeschnittene dünne Wandung desselben, an deren Innenfläche fünf kolbenförmig ausgezogene Eier mit Füssen befestigt sind, während vier abgelöste und abgerundete Eier in der umgebenden Spermienmasse frei liegen; in dieser letzteren bemerkt man die aus schmalen Spermiozytenröhren bestehende äussere, und die aus höher ausgebildeten, gedrängt liegenden Spermien gebildete innere Zone; der rote Streifen im Lumen der Röhren entspricht den Bündeln von Spermienschwänzen, und die an ihren Seiten gereihten grünen Körner sind Köpfe der sich ausbildenden Spermien; in der inneren Zone, im eigentlichen Lumenraum des Säckchens, findet sich ein grosses Ei und neben ihm eine Masse von beinahe reifen Spermien mit grünen Köpfen und roten Schwänzen.

Die Fig. 12 und 13 stellen Vertikalschnitte von Drüsensäckchen dar, wobei in Fig. 12 die Eier, in Fig. 13 die Spermien in überwiegender Masse vorhanden sind; in Fig. 12 liegen fünfzehn Eier dicht beisammen in einer Kolonie, meistens ohne Spermien zwischen sich, während in Fig. 13 ein einzelnes Ei mit breitem Fusse an der Sackwand gelegen ist, und an dessen Seiten nur Spermiozytenröhren mit sich ausbildenden Spermien sichtbar sind.

Aus dieser meiner Darstellung scheint, wie oben schon bemerkt wurde, hervorzugehen, dass mein Fall von Hermaphroditismus bei Asterias rubens dem soeben bei Asterias glacialis von Buchner beschriebenen in hohem Grade ähnlich ist. Bei seinem Tier fand Buchner das Sperma reif und befruchtungsfähig. In meinem Fall erschienen zwar viele Spermien der Form nach fertiggebildet; Bewegungen konnte ich jedoch bei ihnen nicht nachweisen; sonst würde ich versucht haben, Befruchtungen mit ihnen auszuführen.[1])

Wie nun solche Fälle von Hermaphroditismus hinsichtlich ihrer phylogenetischen Herkunft gedeutet werden sollen, lässt sich bis auf weiteres kaum sagen. Ihre Genitaldrüsen vereinigen die Eigenschaften von Ovarien und Hoden; einzelne Teile derselben dienen als Ovarien, andere als Hoden, und grosse Partien von ihnen haben eine ganz gemischte Zusammensetzung und »Sekretion». Man kann sie deshalb kaum als Ovarien mit eingesprengten Hodenteilen, oder Hoden mit eingesprengten Ovarienteilen bezeichnen. Sie dienen *gleichzeitig* beiden Zwecken, sezernieren gleichzeitig Eier und Spermien in ungefähr gleichem Zustand der Entwicklung, obwohl in den verschiedenen Drüsensäcken in verhältnismässig verschiedener Umfassung und Menge.

---

[1]) Wie ein zweiter von Buchner angeführter Fall von Hermaphroditismus bei *Asterias glacialis,* welcher von Cuénot in einer Note zu seiner Mitteilung (1898) als von ihm gefunden erwähnt wurde, beschaffen war, scheint nicht näher geschildert zu sein.

Ob aber ein solcher Fall, wie der meinige, als ein »atavistischer», ein phylogenetisch älterer betrachtet werden soll, lasse ich dahingestellt. Man kann wohl darüber theoretisieren, kommt jedoch ohne weitere Tatsachen kaum zu endgültigeren Schlüssen. Dasselbe dürfte auch hinsichtlich des Verhaltens dieser *gleichzeitig* wirksamen hermaphroditischen Fälle zu der von Cuénot bei Asterina gibbosa gefundenen und von ihm selbst bestätigten, eigentümlichen Protandrie gelten. Wie oben nach Buchner angeführt ist, hat ja Cuénot diesen Befund mit dem noch merkwürdigeren bereichert, dass dasselbe Tier an verschiedenen Orten, bald protandrisch, bald gleichzeitig hermaphroditisch sein kann, sowie »dass ohne Zweifel die Neapeler *Asterina gibbosa* im Begriffe sei, aus dem protandrischen in den getrenntgeschlechtlichen Zustand überzugehen». Weil ich zu dieser hochinteressanten Frage keine weiteren Data mitzuteilen habe, will ich auf die nähere Besprechung derselben hier nicht eingehen.

8.

Zur Frage von der Struktur des Protoplasmas der Nervenzellen.

Taf. XXIV, Fig. 15—27.

Durch die von Apáthy, Bethe, Cajal und Bielschowski erfundenen Färbungsmethoden bei den Nervenzellen sind bekanntlich die schon von Max Schultze und anderen mehr oder weniger deutlich wahrgenommenen Fibrillensysteme in den verschiedenen Arten von Nervenzellen genauer erkannt und beschrieben worden. Es ist jedenfalls nicht meine Absicht, diese schon eine ansehnliche Literatur umfassende Frage hier zu besprechen; dies ist ja übersichtlich von mehreren Autoren geschehen. Dagegen wünsche ich diesmal eine hiermit innig zusammenhängende Frage kurz zu berühren. Ehe man das eben erwähnte Fibrillensystem der Nervenzellen genauer kannte, haben mehrere Forscher im Protoplasma mehrerer Arten von Nervenzellen verschiedene Strukturen feinfaseriger Natur beschrieben, welche man mehr oder weniger deutlich sah und bald als netzartig, bald als geflechtartig auffasste. Vor allem hat Flemming diesen Strukturen seine Aufmerksamkeit gewidmet und sie mehrmals geschildert. Im Jahre 1882 [1]) zeigte er also, dass in den Spinalganglienzellen tingierbare Körner und feine Fädchen von im ganzen gewundener Anordnung existieren, die mit jenen Körnern in Verbindung zu stehen scheinen. In den einen Zellen sind die Körner feiner und die Fadenwerke dichter, in den anderen erstere gröber und lockerer verteilt, weshalb die Zellen der ersteren Art (meistens die kleineren) ein dichtes, dunkles Aussehen haben, die letzteren heller und gröber scheckig erscheinen.

Die betreffende Frage wurde dann von Flesch und seinen Schülerinnen, sowie von Erik Müller, Nissl und Benda und dann noch von M. v. Lenhossék behandelt. Müller schloss sich im wesentlichen der Darstellung Flemming's an, wogegen v. Lenhossék anfangs zu einer sehr abweichenden Anschauung kam.

Nissl, welcher ganz besonders den dann gewöhnlich nach ihm bezeichneten stark färbbaren Schollen im Zellkörper verschiedener Nervenzellen seine Aufmerksamkeit widmete, äusserte u. a. hinsichtlich derselben: »die sich färbende Substanz tritt in Form von grösseren oder kleineren, rundlichen, ovalen oder sphärischen, manchmal auch eckig und unregelmässig geformten Knötchen auf, die allerfeinste fädige Ausläufer besitzen». v. Lenhossék fand »im Zellkörper weder eigentliche Fibrillen, noch aber kurze Fädchen, wie sie Flemming beschreibt, sondern eine schwach färbbare Grundsubstanz, und in diese in grosser Menge eingestreut *lauter kleine Körnchen*, die den angewandten Farbstoffen gegenüber (besonders Magentarothfärbung nach Nissl und *Thionin*) grosse Affinität zeigen. Diese Körper sind im allgemeinen sehr viel feiner als die beschriebenen Plasmaschollen in den centralen Nervenzellen . . . auch liegen sie viel dichter gedrängt als jene».

Im Jahre 1895 veröffentlichte Flemming [2]) eine neue Mitteilung über den Bau der Spinalganglienzellen, in welcher er sich gegen v. Lenhossék's Darstellung aussprach und seine früheren Angaben aufrecht hielt. Eine

[1]) W. Flemming, *Vom Bau der Spinalganglienzellen.* Beiträge zur Anatomie und Embryologie als Festgabe für I. Henle von seinen Schülern 1882. Das Referat von Flemming's Angaben und denen der anderen Autoren ist teilweise nach Flemming's eigenem Referat davon angeführt.

[2]) W. Flemming, *Ueber den Bau der Spinalganglienzellen bei Säugethieren, und Bemerkungen über den der centralen Zellen.* Archiv f. mikrosk. Anatomie und Entwickl.-gesch. Band 46, 1895.

Hauptsache ist, sagt er, »dass in den Zellen *aller* untersuchten Thiere ausser diesen Körnern auch *Fäden* vorkommen. Dies muss ich v. Lenhossék gegenüber ganz bestimmt aufrecht halten und belege es hier durch eine Anzahl Figuren . . . Die Fädchen stehen jedenfalls vielfach, wenn nicht durchweg, mit den Körnerhaufen in Verbindung und es macht mir den Eindruck, als ob letztere nur Ein- oder Auflagerungen von tingirbaren Granulis an den Fäden wären. Letztere haben, wie ich früher beschrieb, geknickte, wellige Verläufe. An stärker ausgezogenen (Eisenalaunhämatoxylin-)Präparaten kann man diese Verläufe sehr gut verfolgen und sehen, dass sie nicht eben »minimal kurz» sind, wie v. Lenhossék meine Beschreibung aufgefasst hat, man ist aber nicht in der Lage zu entscheiden, ob sie etwa ein zusammenhängendes Netzwerk bilden; bei stark extrahirten Präparaten thun sie dies nicht . . . Ausser den Körnergebilden und Fäden existirt in der Zelle eine interfilare, kaum färbbare Zwischensubstanz, welche mir bei verengter Blende mehr einen feingranulirten als einen schaumigen Eindruck macht; doch wage ich nicht zu entscheiden, ob diese Granulirung Reagentienprodukt oder Natur ist». »Die Existenz eines Fadenwerkes in den Zellen an den Präparaten steht also ausser Zweifel», fügt Flemming hinzu: »Es könnte nun höchstens noch die Frage sein, ob dieses als ein Kunstprodukt der Reagentien anzusehen wäre. Bekanntlich hat Alfred Fischer kürzlich in Peptonlösungen etc. durch Fixirungsmittel Ausfällungen erzielt, die die Form theils von Körnchen, theils von netzigen Structuren haben. Dass es sich aber hier um derartiges handeln könnte, ist nicht anzunehmen.»

In den zentralen Nervenzellen, betonte Flemming im Wiederspruch zu den Angaben von Nissl und v. Lenhossék, dass er nicht daran zweifle, dass sie das gesehen, was sie schildern; »ich . . . möchte aber nach meinen eigenen Prüfungen doch daran festhalten, dass *neben* diesen Schollen noch eine feine streifige Structur des Zellleibes von im Ganzen längsparalleler Anordnung existirt.»

In seiner letzten referierenden Schrift über die Morphologie der Zelle [1]) gab Flemming auch eine Übersicht der neueren Angaben und Ansichten der Autoren über die Struktur der Nervenzellen. Er hob hierbei hervor, dass er unter »fibrillärer Struktur» nicht bloss »eine parallelfaserige oder radiäre verstehe, wie sie an Fortsätzen und Polkegeln vorkommen, sondern auch das *retikuläre* Fadenwerk, das im Körper der Zellen vorliegt». Mehrere Autoren (Solger, Lugaro, Levi, Marinesco, Van Gehuchten) hatten einen »fibrillären» Bau des Körpers der Nervenzelle anerkannt und geschildert, während v. Lenhossék und Held nicht damit einverstanden waren. Held hat, sagt er, »einen fibrillären Bau weder in der Substanz der Nervenzelle finden können, noch auch in den Axencylindern». Die »zweifellose Längsstruktur» betrachtete Held »nicht als einen Ausdruck von Fibrillen, sondern als den eines längsmaschigen Wabenwerks». Hierzu betonte Flemming, dass er gar nichts dagegen habe, »dass die Fibrillen der Nervenfasern, wie es einige wollen, nicht ganz isolierte Gebilde, sondern durch schräge Zwischenfäserschen verbunden sein können»; und er gab zu, »dass in der That netzförmige Zusammenhänge der Fadenwerke in Zellen vorkommen».

Ich habe die obigen Anführungen hier gemacht, um zu betonen, dass man in dem Körper der Nervenzellen Fäserchen und Körner schon ziemlich lange wahrgenommen hatte, obwohl die Anschauungen hinsichtlich derselben ziemlich schwankend waren. Flemming, welcher diese Bildungen am genauesten schilderte, veränderte auch in seinen Darstellungen ein wenig die Begriffe; aus seinen späteren Äusserungen scheint hervorzugehen, dass er ausser den von ihm früher (1882) beschriebenen feinen gewundenen Fädchen und den Körnern und Schollen in einer homogenen Grundsubstanz, noch dazu in der »fibrillären Struktur» — »dem retikulären Fadenwerk» — noch eine »parallelfaserige» oder »radiäre» Struktur wahrgenommen hatte, die er besonders in den Fortsätzen und Polkegeln fand, und die als dem von Max Schultze schon längst mehr oder weniger deutlich beobachteten Fibrillenwerk gehörig angesehen werden muss. Infolge der noch zu wenig ausgebildeten histologischen Technik konnte aber Flemming die einzelnen von ihm wahrgenommenen Faserarten nicht voneinander differenzieren und deutlich unterscheiden.

Erst durch die Erfindung der neuen Färbungsmethoden von Apáthy, Bethe, Cajal und Bielschowski gelang es, in den Körpern der Nervenzellen Systeme von Fibrillen nachzuweisen, welche in mehr oder weniger reichlicher Menge und in verschiedener Weise in den verschiedenen Zellarten das Protoplasma durchziehen und von manchen Forschern als das eigentlich wichtige, »leitende» Element in dem Nervensystem betrachtet wurden. Durch die verhältnismässig leichte Darstellungsweise dieser Fibrillensysteme in scharf gefärbter, differenzierter Form zog die nähere Untersuchung dieses Zellelementes in erster Linie die Aufmerksamkeit auf sich, woneben die

[1]) W. Flemming, *Morphologie der Zelle.* Merkel-Bonnet's Ergebnisse, 1897.

besonders durch Nissl's Färbungsmethode leicht färbbaren Körnerschollen in den grösseren Nervenzellen auch mit Recht eingehend studiert wurden.

Die übrigen, zwischen diesen beiden Bestandteilen vorhandenen Partien des Körpers der Nervenzellen, für deren Darstellung man keine derartigen spezifischen Färbungsmethoden erhalten hatte, traten dabei natürlich immer mehr in den Hintergrund. Man wusste nicht, wie viel von einer solchen Zwischensubstanz es in der Tat gab. Die eben genannten, scharf färbbaren, »leitenden» Fibrillensysteme und die Nissl'schen Schollen nehmen durch ihren Reichtum einen ansehnlichen Platz im Zellkörper ein; dazu kamen noch die Golgi'schen Netze und die Holmgren'schen Trophospongien, sowie in mehreren Zellarten die Pigmentkörnerhaufen. Wie viel Platz kann in den Körpern der verschiedenen Arten von Nervenzellen für eine »Grundsubstanz» noch übrig bleiben? Oder gibt es überhaupt in diesen Zellen in der Tat eine solche Substanz echt oder primitiv protoplasmatischer Natur, ungefähr der Art, wie sie z. B. in den Eiern vorkommt? Ist in den Nervenzellen alles ursprüngliche Protoplasma, welches in den embryonalen Nervenzellen nachweisbar ist, zu höher differenzierten Zellelementen verbraucht? Gibt es in den fertigen, im Dienste des Nervensystems physiologisch wirksamen Zellen noch eine solche Substanz, die aus Paramitom und Mitom im Sinne Flemming's besteht? Es wäre nicht ohne Interesse, dies genauer zu wissen. In morphologisch-physiologischer Hinsicht verlieren ja die Nervenzellen gewisse wichtige Eigenschaften. Vor allem verlieren sie schon sehr früh ihre Teilbarkeit durch Mitose; nur in den frühesten Stadien, als Neuroblasten, besitzen sie diese wichtige Eigenschaft; dies hängt indessen wohl wesentlich von den Verhältnissen im Kern ab.

Es kann interessant sein, nachzusehen, welche Anschauungen einige der bedeutenderen Fachmänner der Nervenkunde in diesen Beziehungen in ihren neueren Arbeiten vertreten. In seiner Abh. »Zur Kenntnis der Spinalganglienzellen» hat sich v. Lenhossék 1906 bestimmt für eine fein netzförmige Struktur in ihnen geäussert.

In der 5. Auflage des grossen Handbuchs von Obersteiner [1]), welche eben erschienen und mir vom Verfasser gütigst zugeschickt worden ist, finde ich (S. 197) folgende Darstellung des Zellprotoplasmas. Nachdem die Zusammensetzung der Nissl-Körperchen oder Schollen aus feineren Granula erwähnt worden ist, äussert der Verfasser: »Innerhalb der grösseren Schollen bemerkt man auch nicht selten Vakuolen, ja es wird ihnen sogar von manchen geradezu eine spongiöse Struktur zugeschrieben. Von ihrer Peripherie kann man bei starker Vergrösserung feinste Balken abgehen sehen, die sich mit den basischen Farbstoffen auch mehr minder färben und ein das ganze Zellprotoplasma durchziehendes Trabekelwerk (Cajal's Spongioplasma) bilden.» Dann folgt eine eingehendere Beschreibung von dem Verhalten und den Verschiedenheiten der Nissl-Körperchen und ferner: »In der zwischen den Schollen übrigbleibenden, mit basischen Farbstoffen hell erscheinenden Substanz haben wir dann noch die Neurofibrillen und die Interfibrillärsubstanz zu unterscheiden.» Nachdem ferner die Anordnung der Fibrillen geschildert worden ist, äussert der Verfasser: »Am wenigsten lässt sich über die Struktur der *Interfibrillärsubstanz* aussagen, die jedenfalls die Fibrillen in den Dendriten und im Zellkörper umhüllt; im Achsenzylinderfortsatz verliert sie sich an der Stelle, wo er sein Mark erhält, vollständig oder fast gänzlich, um der Perifibrillärsubstanz der Nervenfaser Platz zu machen; es ist nämlich nicht sicher, ob die Interfibrillärsubstanz der Zelle mit der Perifibrillärsubstanz der Nervenfaser ganz identisch ist. Es sei hier auch an das Spongioplasma von Cajal erinnert.»

In der ebenfalls ganz kürzlich erschienenen und mir gütigst verehrten 8. Auflage seiner Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere (1911) äussert Edinger: [2]) »Das Protoplasma der Zelle hat wahrscheinlich eine Struktur etwa wie ein Schwamm, doch gibt es, wie überall, wo man einen grösseren Zellleib bisher erforschen konnte, auch Ansichten, welche den Aufbau anders auffassen ... In den Maschen, welche die Züge des Zellschwammes, das *Spongioplasma*, bilden, aber auch in ihren Knotenpunkten, liegen zahllose feinste, regelmässige Körnchen. Sie erstrecken sich über alle Teile der Zelle und auch hinaus in den Axenzylinder, sowie in die Dendriten. Da, wo Zellausläufer enden, liegen sie besonders dicht. Held, der erste Untersucher dieser später viel bearbeiteten Körnung, hat sie als *Neurosomen* bezeichnet. Es hat sich später herausgestellt, dass es möglicherweise — das Verhalten der Farbstoffe spricht dafür — mehrere Arten oder doch chemisch verschiedene Zustände dieser Körperchen gibt. Vielfach finden sich nach Held gerade da auf der Zelloberfläche Neurosomenanhäufungen, wo feine Nervenfäden aus der Peripherie an den Zellkörper herantreten ...

---

[1]) H. Obersteiner, *Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane im gesunden und kranken Zustande.* Fünfte, vermehrte und umgearbeitete Auflage. 1912.

[2]) L. Edinger, *Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane* des Menschen und der Tiere. Erster Band. Achte umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage, 1911.

Eine besondere Art von Körnern, durchweg gröberer Art und nicht in bestimmten Beziehungen zur Protoplasmastruktur, haben wir durch Nissl kennen gelernt»: die Nissl'körperchen oder die tigroide Substanz.

Am eingehendsten hat aber Ramón Cajal [1]) die Struktur des Protoplasmas der Nervenzellen in seinem grossen neuen Werke besprochen. »Lorsqu'on examine des cellules nerveuses pleines de vie, il est impossible de découvrir, dans leur protoplasma, trace d'une structure quelconque». Höchstens einige Körnchen. Nach dem Tode und nach der Fixierung treten aber im Zellkörper mehrere Gebilde hervor. In dem »Spongioplasma ou charpente protoplasmique» erkennt man: »Un réseau de teinte pâle, dont les trabécules, courtes et rugueuses, parfois membraniformes, limitent des mailles polygonales de faible étendue. Ces trabécules, que Nissl et Lenhossék ont les premiers signalées et dont l'existence a été confirmée par nous, Marinesco, Van Gehuchten et Held, servent de trait d'union... Au point où ces filaments s'entrecroisent et parfois, aussi, le long de ces filaments eux.-mêmes, on aperçoit de minuscules granulations de matière basophile, avide, comme le mot l'indique, de substances colorantes basiques et par suite identique a celle des amas. Cet arpect du réseau spongioplastique et des mailles par lui délimitées est celui que présente le protoplasma du corps, de l'espace le plus large de la cellule. Ailleurs, dans les prolongements dendritiques, au cône d'origine du cylindre-axe, il varie, de manière si sensible même, qu'il semble tout autre. Ainsi, au niveau des premières, les fils du réseau s'amincissent, se rapprochent, deviennent plus ou moins parallèles; au même temps, les mailles interposées s'allongent, la trame spongieuse se resserre... Quant à la région du cône d'origine de l'axone, le même mode d'examen y démontre que, malgré la pâleur plus grande du spongioplasma par perte ou absence de granulations basophiles, comme l'ont remarqué Simarro, Schaffer, Lenhossék et d'autres, malgré le tassement et la convergence des trabécules, convergence passant graduellement au parallélisme dans le cylindre-axe, malgré la délicatesse de plus en plus grande de ces trabécules, il s'agit là, toujours, d'un réseau.» Wie nun die Neurofibrillen sich zu dem Spongioplasma verhalten, will Cajal nicht entscheiden; sie gehen aber teilweise in dessen Zusammensetzung ein. »Nous croyons», sagt er, »aussi que ce réseau renferme des facteurs nouveaux, c'est-à-dire des travées et des reticulums granuleux, produits vraisemblablement par une substance protéique coagulée. En résumé, une grande partie du spongioplasma n'est, pour nous, qu'une production artificielle».

Aus den obigen neueren Anführungen einiger auf diesem Gebiete speziell wirksamer Forscher geht offenbar hervor, dass man noch gewiss nicht zu endgültigen Ergebnissen gelangt ist. Durch neue, ausgezeichnete Färbungsmethoden ist es gelungen, in dem Körper der fixierten Nervenzellen teils ein reichliches Fibrillensystem, teils eine besondere aus Körnern bestehende Substanz, welche sich in Schollen ansammelt, nachzuweisen. Die übrige, diese Gebilde umfassende »Grundsubstanz» des Protoplasmas hat sich aber einer genauen Erforschung entzogen. Man scheint sie grösstenteils als eine *netz*förmige oder sogar schwammige oder maschige Substanz (ein »Reticulum» oder einen »Schwamm») aufzufassen; Ramón Cajal scheint diese ihre Beschaffenheit, wenigstens teilweise, als von der Behandlung herrührend zu betrachten (»une production artificielle»). Die Frage, wie sich diese Substanz zu den Neurofibrillen verhält, ist noch ganz ungelöst.

Da ich hin und wieder bei der Untersuchung gut fixierter und gut gefärbter Nervenzellen verschiedener Tierarten schöne Bilder von der Struktur derselben erhalten habe, kann ich nicht umhin, im Anschluss an meine Befunde in den Eiern mancher Tiere, diesmal auch einiges über die Protoplasmastruktur beizufügen. Weil ich aber hoffe, auf die Behandlung dieser Frage bald wieder zurückkommen zu können, will ich jetzt nur einige dieser Befunde mitteilen, welche bei einem Knorpelfische und einem Säugetier gewonnen sind. Auf der Tafel XXIV sind aus meinen Präparaten in den Fig. 15—27 einige Abbildungen wiedergegeben. Das betreffende Material wurde ganz frisch teils im Carnoyschen Gemisch, teils im Zenkerschen Gemisch, teils in Pikrinessigsäure gehärtet, und die 2—3 μ dünnen Schnitte mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin gefärbt. Dass die Schönheit und Deutlichkeit der Protoplasmabilder von einer möglichst passend abgewägten Differenzierung der Präparate abhängt, brauche ich wohl kaum zu betonen.

Vom *Squalus acanthias* L. (Acanthias vulgaris O. F. Müller) teile ich also in den Fig. 15—17 einige kleine Stücke aus Schnitten von Nervenzellen aus dem Ganglion gasseri mit. Die Fig. 15 gibt die Randpartie einer solchen Zelle wieder, in welcher man ein reichliches Geflecht von sehr feinen, Körnchen enthaltenden Fäserchen deutlich wahrnimmt. In dem Präparate kann man hier und da an den dünneren Stellen diese Fäserchen streckenweise recht weit verfolgen und sieht sie sich wiederholt dichotomisch teilen, aber kein wirkliches Netz bilden.

[1]) S. Ramón Cajal, Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. T. I., 1909.

Durch das Heben und Senken des Tubus kann man sie in ihrem perspektivisch angeordneten Verlaufe gut auffassen und sieht sie einander kreuzen, ohne sich miteinander direkt zu verbinden. Die Fig. 16 und 17 stellen kleine Stücke von Randpartien sehr dünner Schnitte dar, in welchen man die betreffenden gekörnten Fasern frei auslaufen sieht.

Die Fig. 18 und 19 zeigen Partien von dünnen Längsschnitten von Axenzylindern breiter, markhaltiger Nervenfasern aus dem Nervus trigeminus; hier sieht man lange, ziemlich parallel verlaufende, in ungefähr gleichen Entfernungen dunklere Körnchen enthaltende Fäserchen, welche in der Längsrichtung des Axenzylinders ziehen, aber hier und da einander doch in schiefen Winkeln kreuzen. Zwischen ihnen, wie auch zwischen den Fäserchen in den Ganglienzellen (Fig. 15—17), war eine helle, scheinbar strukturlose »Grundsubstanz» vorhanden, in welcher wohl die wirklichen Neurofibrillen sich in ungefärbtem Zustande vorfinden, denn dass die hier durch Hämatoxylin gefärbten gekörnten Fäserchen die Neurofibrillen seien, widerspricht allen meinen Erfahrungen. Ich betrachte sie als zu dem Mitom des Protoplasmas gehörig. Die Fig. 15—19 sind bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Okul. 12 und dazu noch 3 mal linear vergrössert abgebildet. Die Fig. 20 zeigt ein kleines Stück eines solchen Präparates, wie die in Fig. 18 und 19 wiedergegebenen Partien, ohne die 3-malige lineare Vergrösserung. In dem monographischen Werke »Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes», Vol. II, von A. Key und *mir* (1876) haben wir Längsschnitte von Axenzylindern abgebildet (z. B. Taf. VII, Fig. 1 und 2), in welchen Längsreihen von Körnchen gezeichnet sind, und die auch im Texte beschrieben wurden; wir sahen aber damals nicht die die Körner verbindenden Fäden.

Die Fig. 21 und 22 stellen zwei motorische Nervenzellen aus den *Vorderhörnern des Rückenmarks* von einem erwachsenen *Kaninchen* dar. In diesen, in den Präparaten ausserordentlich schön und deutlich vorliegenden grossen Nervenzellen erkennt man ringsum den Kern eine, auch von anderen Forschern erwähnte hellere Zone, in welcher feine gekörnte Fäserchen in mehr weniger ausgeprägter zirkulärer Anordnung verlaufen. Nach aussen davon ist die breite Zone der Nissl'schen Schollen (der Tigroidsubstanz v. Lenhossék's), in welcher diese aus feinen, schwarz gefärbten Körnchen bestehenden Schollen hier und da eingebettet liegen, um in der äussersten Zone des Zellkörpers mehr weniger früh aufzuhören. Die Ränder der verschieden grossen und dichten Schollen sind gewöhnlich uneben und gezackt; dass sie aber durch Ausläufer und Brücken intim miteinander zusammenhängen, wie in den mit Methylenblau nach Nissl gefärbten Nervenzellen oft geschildert wird, ist in meinen betreffenden Präparaten nicht zu sehen. Dagegen findet sich überall in der hellen Grundsubstanz zwischen den Schollen eine bedeutende Anzahl feinster gekörnter Fasern von derselben Art wie die in den inneren und äusseren hellen, schollenfreien Zonen; diese Fäserchen verlaufen in verschiedenen Richtungen und kreuzen hier und da einander, jedoch ohne netzartig zusammenzuhängen; zuweilen nähern sie sich intim den angrenzenden Schollen und laufen scheinbar in sie hinein, was vielleicht zu der erwähnten Annahme von Brücken zwischen den Schollen Anlass gegeben hat. In der äusseren hellen Zone verlaufen die Fäserchen, obwohl mehr oder weniger gewunden, überwiegend der Oberfläche parallel. Zuweilen sieht man die Fäserchen dichotomisch geteilt; nie bilden sie aber ein *Netz*, ein *Reticulum*, sondern höchstens ein *Geflecht*.

Auch betreffs dieser Fäserchen in dem Körper der Nervenzellen des Kaninchens habe ich mich überzeugen können, dass sie mit den Neurofibrillen nicht identisch sind. Sie sind feiner als die meisten der letzteren, welche von verschiedener Dicke sind, während die hier beschriebenen Fäserchen überall ungefähr dieselbe Feinheit haben. Diese Fäserchen sind ferner stets moniliform gekörnt und hängen nicht, wie die versilberten Neurofibrillen zu Netzen mit langen, schmalen Maschen zusammen. Sie sind auch nicht so gestreckt und gerade wie diese, sondern verlaufen meistens in gewundener, oft sogar schlingernder Anordnung. Sie ähneln in hohem Grade eben den Flemming'schen Mitomfäserchen im Protoplasma mancher Eier (z. B. von Gobius niger) und anderer Zellen. Im grossen und ganzen stimmen sie auch mit jenen Fäserchen überein, welche Flemming in dem Körper der Nervenzellen beschrieb und abbildete, obwohl er sie nicht so scharf und deutlich gesehen zu haben scheint, wie ich sie in meinen Präparaten wahrnehmen und verfolgen konnte. Für Flemming fehlte ja auch die genauere Kenntnis der Körnerschollen und der Neurofibrillen, wodurch er diese Elemente, obwohl für ihn nur unscharf sichtbar, mit den Fäserchen des Protoplasmamitoms verwechseln konnte oder sie jedenfalls weniger sicher zu unterscheiden vermochte.

Von besonderem Interesse ist es, in dieser Beziehung die Abgangsstelle des Axenzylinderausläufers zu studieren. Schon lange hat man in der Partie der Nervenzelle, von welcher dieser ausgeht, eine Streifung gesehen, welche mehr oder weniger parallele oder von der Austrittstelle nach dem Zellkörper radiierende Streifen darbietet,

obwohl Flemming u. a. zuweilen auch hier, besonders im Inneren, eine gewundene Anordnung beobachten konnten, was von einer spiraligen Anordnung der Fibrillen des Axenzylinders herrühren dürfte. Ebenso zeigte man (Flemming, Nissl, v. Lenhossék), dass die färbbaren Schollen nicht in dieser Abgangspartie, dem »Polkegel» des Axenzylinders, vorhanden sind, sondern mit ziemlich scharfer Grenze nach innen von ihr aufhören.

In der Fig. 22 (unten) habe ich auch in der motorischen Rückenmarkszelle des Kaninchens eine solche Abgangspartie wiedergegeben. Hier hören auch die Nissl'schen Schollen schon früh und mit bestimmter Grenze auf, ohne in den Polkegel einzutreten. In dieser Partie sind die Neurofibrillen nicht sichtbar. Dagegen sieht man überall die feinen gekörnten Fäserchen des Mitoms, welche in verschiedenen gewundenen Richtungen verlaufen, in dem Anfang des Axenzylinders selbst aber eine mehr parallele Anordnung annehmen.

In der Fig. 21 findet sich auch unten-links eine solche Abgangsstelle, schief oder mehr der Quere nach vom Messer getroffen; ob der mittlere der drei Ausläufer dem Axenzylinderfortsatz entspricht oder dieser hier ganz abgeschnitten ist, lässt sich nicht sicher entscheiden, aber an der hellen Partie erkennt man eine Menge von feinen Körnern, welche teils quer getroffene, beim Heben und Senken des Tubus sich fadenartig verlängernde Fäserchen darstellen, teils auch der Länge nach getroffene gewundene solche Fäserchen sind.

In den Zellen der *Spinalganglien* und Zerebrospinalganglien hat ja, wie oben angeführt wurde, Flemming schon lange feine gekörnte Fäserchen dargestellt. In meinen Präparaten habe ich sie in schöner Anordnung gefunden. Die Fig. 23 stellt den dünnen Schnitt einer solchen Zelle vom erwachsenen Kaninchen dar; unten sieht man die Abgangsstelle des gewundenen Axenzylinderfortsatzes mit in ihr angedeuteten gekörnten Fäserchen, und in der übrigen Zelle treten überall zwischen den schwarz gefärbten Schollen feine gekörnte Fäserchen in gewundener Anordnung hervor, während die eigentlichen Neurofibrillen hier nicht nachweisbar waren.

Schliesslich habe ich hier aus dem Kleinhirn des Kaninchens drei Purkinje'sche Nervenzellen wiedergegeben, in denen das Verhalten der gekörnten Fäserchen des Protoplasmas gezeigt wird. Die Fig. 25, 26 und 27 stellen solche Zellen dar, in welchen nur eine geringere Anzahl der Fäserchen wiedergegeben ist, die in ihrem Verlaufe besonders deutlich verfolgt werden konnten; man sieht sie hier und da dichotomisch geteilt, aber nicht netzförmig zusammenhängend. Die Fig. 25 und 26 stellen die Zellen bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 und in dreimaliger linearer Vergrösserung dar, während bei der Fig. 27 keine solche dreimalige Vergröss. angewandt wurde.

Aus der obigen Darstellung geht also hervor, dass ich, wie es schon längst besonders von Flemming, obwohl mit der damaligen Technik und Kenntnis vom feineren Baue des Nervensystems etwas unklar und schwankend, dargestellt wurde, in den Nervenzellen ein die Neurofibrillen und Nissl'schen Schollen und übrigen höher differenzierten Bildungen umschliessendes *Protoplasma* finde, welches aus einer hellen, scheinbar unstrukturierten *Grundsubstanz*, einem *Paramitom* im Sinne Flemming's, sowie aus in diese Substanz eingebetteten, feinen, in moniliformer Anordnung Körnchen enthaltenden, meist gewundenen, hier und da verästelten, aber *nicht netzförmig* zusammenhängenden *Fäserchen*, einem *Mitom* im Sinne Flemming's, besteht. Eine schaumige oder wabige Beschaffenheit konnte ich in meinen Präparaten nie finden; ebenso sah ich nie eine wirklich »retikuläre Struktur».

Durch die Hämatoxylinfärbung treten in den Präparaten nur die Schollen und die Mitomfäserchen mit ihren Körnern gefärbt hervor, die Neurofibrillen aber nicht. Ich habe mich bemüht, eine Methode zu finden, wodurch diese Gebilde gleichzeitig in verschiedener Färbung nachgewiesen werden könnten. Bisher ist mir dies zwar nicht gelungen. Ich beabsichtige aber die Versuche fortzusetzen und auf diese interessanten Probleme noch einmal zurückzukommen.

9.

Die Spermien des Schimpansen.

Taf. XXIV Fig. 1—14.

Im XV. Bande dieser Biolog. Unters. habe ich im vorigen Jahre eine mit Abbildungen versehene Beschreibung der Spermien des Orang Utangs, welche ich aus mir vom Herrn Doktor Al. Hrdlicka in Washington gütigst zugeschicktem Material herauspräpariert hatte, geliefert[1]).

Ich hob dabei auch die Gründe hervor, welche eine eingehende Erforschung der Spermienformen der anthropoiden Affen im ganzen sehr erwünschbar machen; und ich erwähnte, dass hinsichtlich der Spermien des Schimpansen und des Gorillas alle meine damaligen Bemühungen, das nötige Material zu bekommen, gescheitert waren Die Hoden, die aus den Museen gütigst zu meiner Verfügung gestellt worden waren, rührten entweder von zu jungen, oder von durch langjährige Krankheiten getöteten Tieren her, bei denen keine Spermien gefunden wurden.

Einige Zeit nachher hat Herr Geheimrat Waldeyer mir die grosse Liebenswürdigkeit erwiesen, mir zu versprechen, zu versuchen, durch einen in Kamerun sich aufhaltenden Naturforscher und Sammler, Hoden der dort lebenden Anthropoiden, v. a. vom Schimpansen, zu verschaffen, und ich bin dem Herrn Koll. Waldeyer für diese mir erwiesene Güte und sein lebhaftes Interesse für die fragliche Untersuchung äusserst dankbar.

Im letzten Frühjahr erhielt ich infolgedessen durch die Vermittelung des Vorstands am Museum für Naturkunde in Berlin, Herrn Prof. Dr. Brauer, die Nachricht, dass in der Tat zwei grosse Hoden vom Schimpansen aus Kamerun an das Museum eingeschickt waren, und Prof. Brauer hatte die Güte, mir den einen zur Untersuchung zu übersenden.

Dieser Hoden, welcher in ziemlich schwachem Weingeist fixiert und aufbewahrt ist, hat einen im Verhältnis zu denen des erwachsenen Menschen sehr grossen, ja, man kann sogar sagen, kolossalen Umfang und rührt offenbar von einem grossen, voll erwachsenen Tiere her.

Ich ging sofort zur Untersuchung des Inhalts der Epididymiskanäle über und fand zu meiner Freude in denselben Spermien in bedeutender Anzahl. Leider waren sie, wie dies in solchem in Weingeist gehärteten Material fast stets der Fall ist, zu Klumpen zusammengeballt. Durch geeignete Behandlung mit Wasser und Präparierung mit Nadeln gelang es mir aber bald, eine Reihe von isolierten Spermien zu bekommen. Nach Färbung mit Rosanilin und Behandlung mit Kaliacetat erhielt ich also eine Anzahl ganz hinreichend guter Exemplare, um die Gestalt und den Bau dieser Spermien zu eruieren.

Auf der Taf. XXIV habe ich in der Fig. 1—14 bei Zeiss' Apochrom. 2 mm, Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 und dann noch in 3-maliger linearer Vergröss. eine Reihe teils von ganzen Spermien, teils von Stücken von solchen wiedergegeben. Dass dieselben reife Stadien darstellen, dafür bürgt ja, dass sie alle aus den Epididymiskanälen genommene Spermien darstellen. Überall, wo ich sie hier untersuchte, hatten die Spermien denselben Typus und Bau.

Die Fig. 1 stellt eine vollständige Spermie mit dem Kopf von den breiten Flächen betrachtet, die Fig. 2 eine solche von der Kante her, dar. In den übrigen Figuren findet man mehrere Variationen des Typus des Kopfes, die aber im ganzen nur gering abweichend sind.

Der *Kopf* ist, von den breiten Flächen betrachtet, elliptisch oder schmal oval mit Abrundung des vorderen und des hinteren Endes; das letztere ist aber in der Mitte oft etwas quer abgestutzt, um zum Ansatz des Schwanzes zu dienen. Am vorderen Umfang findet man in der Regel eine Kopfkappe, deren hinterer Rand verschieden weit

[1]) Gustaf Retzius, *Ueber die Form der Spermien bei den anthropoiden Affen.* Biolog. Untersuchunngen von Gustaf Retzius, Neue Folge, XV. 4, 1910.

nach hinten reicht. Am hinteren Umfang erkennt man eine Randverdickung, welche wie eine glänzende Schale diese Partie umgibt und der entsprechenden Bildung an den Menschenspermien sehr ähnelt. Oft findet man zwischen ihrem vorderen Rande und dem hinteren Rande der Kopfkappe ein queres, helles Band (Fig. 1, 4, 7, 8, 10).

Von der Kante betrachtet, zeigt sich der Kopf schmal konisch (Fig. 2) mit vorderer Spitze und hinterer, dickerer Fusspartie, welche am hinteren Ende abgerundet ist. Im ganzen sind die beiden Seitenlinien übrigens recht gerade. Man bemerkt auch hier sowohl die hintere Kontur der Kappe als die vordere der schalenartigen Randpartie des hinteren Umfangs. Bei manchen Spermien ist der Kopf, von der schmalen Kante betrachtet, noch mehr schmal konisch, wie dies die Fig. 11 und 12 dartun.

Das *Verbindungsstück* des Schwanzes ist länger als der Kopf, überschiesst ihn mit etwa einem Viertel oder etwas mehr von seiner Länge. Es ist ziemlich breit, besonders in der Mitte und etwas weiter nach vorne hin. Hinsichtlich seines Baues wird man hier überrascht, in diesen reifen Spermien eine spiralige Anordnung der Hülle in selten prägnanter Form zu finden. Zwar ist es nicht gerade leicht, die Anzahl der Spiralwindungen sicher zu bestimmen. Die hintersten drei treten in der Regel ganz scharf hervor; nach vorn hin verwischen sie sich aber oft derart, dass man über die *exakte* Zahl etwas zweifelhaft wird. In günstigen Fällen können jedoch *sieben* solche Windungen gezählt werden (Fig. 1, 2, 3); in anderen Fällen schien es, als ob *acht* vorhanden seien (Fig. 4, 5); in noch anderen war die Anzahl derselben noch weniger sicher bestimmbar (Fig. 6, 8). Offenbar besteht die Spirale aus aneinander gelagerten und miteinander verbundenen v. Brunn'schen Körnern, welche auch voneinander durch die Präparation getrennt werden können (Fig. 11). Wenn diese Hülle mehr oder weniger abgestreift wird (Fig. 11, 12), tritt der schmale *Axenfaden* des Verbindungsstückes scharf hervor, aber auch an den Spermien, an welchen die Hülle in ihrer natürlichen Lage geblieben ist (Fig. 1—4), schimmert oft dieser Faden durch sie, und zwar besonders an den Grenzlinien der Spiralwindungen (Fig. 1—4, 9, 13). Am oberen Ende des Axenfadens, welches am hinteren Kopfende befestigt ist, sieht man an den meisten Spermien mehr oder weniger distinkt eine dünne, quere, sich mit Rosanilin stark färbende Scheibe, die dem Kopfe innig angeheftet ist und oft an ihrer einen Seite ein rundes Korn trägt. Ich vermochte aber nicht deutlich wahrzunehmen, dass in dieser »Scheibe» die betreffenden Körnchen des Zentralkörperapparates hervortraten; das vorhandene Material war für die Eruirung dieser Sache nicht geeignet.

Das *Hauptstück* des Schwanzes ist nicht besonders lang. An seinem vorderen Ende erkennt man eine deutliche, sich in Rosanilin stark färbende Querscheibe, welche offenbar dem Jensen'schen Querring des Verbindungsstückes entspricht, was man besonders deutlich an den Seitenrändern sieht, wo der optische Durchschnitt kornförmig erscheint. Das Hauptstück verschmälert sich, wie gewöhnlich, immer mehr nach hinten hin und läuft nach einem wenig scharf ausgeprägten Absatz in ein kurzes, feines und spitzes *Endstück* aus (Fig. 1, 2).

Doppelschwänze waren in den Präparaten nicht selten anzutreffen. In Fig. 14 habe ich ein solches Spermium abgebildet, wo aber die hinteren Partien der beiden sich voneinander trennenden Schwanzfäden nicht wiedergegeben sind.

Wenn man nun die Spermien des Schimpansen mit denen des Orang Utangs und des Menschen vergleicht, kommt man zu der Auffassung, dass sie der Form nach denen des Menschen näher stehen und mehr ähneln als denen des Orang Utangs. Bei denen des letzteren, welche im ganzen in allen ihren Dimensionen grösser sind, ist der Kopf hinten mehr abgeplattet, vorn aber dicker. Die Spermien des Schimpansen dagegen sind, wie die des Menschen, obwohl weniger als bei diesen, nach vorn hin abgeplattet, hinten dicker, aber gar nicht so sehr verdickt wie bei denen des Menschen, was aus den Kantenansichten deutlich hervorgeht. Der Kopf der Schimpansenspermien ist von auffallend geringeren Dimensionen als es bei den Menschenspermien gewöhnlich der Fall ist; die Form ist auch mehr ausgezogen oval als bei den letzteren, wo sie mehr rundlich oder breit oval ist.

Das *Verbindungsstück* des Schwanzes ist an den Spermien des Schimpansen sowohl absolut als relativ zur Kopflänge wesentlich länger und dicker alt an den Spermien des Menschen, aber kürzer als an denen des Orang Utangs. Die oben näher beschriebene, deutlich spiralige Struktur der Hülle beim Schimpansen tritt beim Oraug Utang und beim Menschen im *reifen* Zustande nie hervor. Die Zahl der Spiralwindungen scheint beim Schimpansen ein wenig grösser zu sein als beim Menschen, wo man an unreifen Spermien in der Regel nur sechs Körnerringe zählen kann; beim Schimpansen belaufen sie sich wenigstens auf sieben.

Das *Hauptstück* des Schwanzes ist an den Spermien des Schimpansen bedeutend kürzer als an denen des Orang Utangs, aber, im ganzen genommen, von beinahe gleicher Länge mit denen des Menschen. Das Endstück desselben ist aber, wie beim Orang Utang, kürzer als beim Menschen.

Die Spermien des Schimpansen unterscheiden sich also hinsichtlich ihrer Form und Grösse in mehreren wichtigen Beziehungen sowohl von denen des Orang Utangs als von denen des Menschen. Im ganzen scheinen sie jedoch denen des Menschen etwas näher zu stehen und ihnen etwas ähnlicher zu sein. Dies war ja auch von vornherein anzunehmen, da unter den Anthropoiden der Orang Utang auch in anderen Körpercharakteren vom Menschen weiter entfernt steht als der Schimpanse.

Es bleibt nun noch übrig, ein geeignetes Material für die Untersuchung der Spermien des *Gorillas* zu erhalten. Mir ist dies, trotz aller Bemühungen, bisjetzt noch nicht gelungen. Wegen der starken vorsichgehenden Ausrottung der immer seltener werdenden Tiere wird die Aussicht, ein derartiges Material zu bekommen, immer geringer.

Indessen ist die Kenntnis der Form der Spermien des Orang Utangs und des Schimpansen in ihrem Verhalten sowohl untereinander als zu derjenigen des Menschen von besonderem morphologischem und phylogenetischem Interesse, und ich wiederhole hier meinen herzlichen Dank an die verehrten Kollegen, die mir das wertvolle Material von diesem Anthropoiden verschafft haben.

10.

Spermien ostafrikanischer Tiere.

Während der Lönnberg'schen Expedition eingesammelt.

Taf. XXV—XXVI.

Der Intendant der Vertebratenabteilung des K. Naturhistorischen Reichsmuseums in Stockholm, Herr Professor Dr. Einar Lönnberg, hat die Güte gehabt, meinen Wunsch zu erfüllen, während seiner Expedition nach dem englischen Ostafrika in diesem Jahre eine Anzahl von Präparaten von Spermien verschiedener Tiere einzusammeln und zu meiner Verfügung zu stellen.

Weil die Form der Spermien dieser Tiere meines Wissens bisher noch nicht untersucht und dargestellt worden ist, so bin ich meinem hochverehrten Freund Prof. Lönnberg für diese Erfüllung meines Wunsches sehr dankbar und erlaube mir, ihm hier meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Weder vom Elefanten, noch von der Giraffe, noch sogar vom Strausse scheinen bisjetzt die Spermien beschrieben worden zu sein. Auch vom Rhinoceros und vom Hippopotamus sind die Spermien noch nicht bekannt; das letztgenannte Tier war in den von Prof. Lönnberg besuchten Gegenden nicht zu finden; vom Rhinoceros aber hat er zwar ein Männchen geschossen, das Tier war jedoch noch zu jung; vor einigen Jahren kaufte ich von der Umlauff'schen Firma in Hamburg den ganzen männlichen Genitalapparat eines Rhinoceros, fand aber auch in diesem keine Spermien. In dem von Prof. Lönnberg heimgebrachten Präparat aus dem Hoden eines von ihm geschossenen grossen Löwen gelang es mir ferner nicht, vollständige Spermien zu finden, indem die in der eingetrockneten Testissubstanz liegenden Schwänze nicht deutlich gesehen werden konnten; ich kann deshalb von ihnen nur die Köpfe schildern.

In den Hodenpräparaten, welche mir Prof. Lönnberg gebracht hat, fand ich nun Spermien von folgenden Tieren:

Elephas africanus cavendishi Lydekker,
Procavia pumila rudolfi Thomas,
Equus Grevyi Oustalet,
Giraffa reticulata Winton,
Connochaetes albojubatus Thomas,
Cephalophus abyssinicus hindei Wrougthon,
Rhynchotragus guentheri wrougthoni Drake-Brockman,
Aepyceros melampus Lichtenstein,
Lithocranius walleri Brooke,
Oryx beisa annectens (Hollister),
Gazella granti brighti Thomas,
Cobus ellipsiprymnus Ogilby,
Buffelus caffer (Sparrman),
Cynailurus jubatus guttatus (Hermann),
Felis leo somaliensis Noack,
Xerus rutilus Cretschmar,
Macroscelides pulcher Thomas,
Struthio molybdophanes Reichenow.

Die Präparate wurden frisch als Streichpräparate auf Objektgläsern gemacht und getrocknet. Durch eine Undeutlichkeit in meinen Angaben wurden sie aber aus der Hodensubstanz selbst und nicht aus dem Epididymisinhalt verfertigt; infolgedessen musste ich in den Präparaten mit Vorsicht unter den vielen unreifen Spermien die fertigen aufsuchen, und ich bemühte mich, dies möglichst genau zu tun. Weil in diesen Hodenpräparaten die Spermien in der eingetrockneten Hodensubstanz meistens eingeschlossen und teilweise verborgen liegen, hat es sich zuweilen schwierig erwiesen, den Schwanzfaden bis zum hinteren Ende zu verfolgen und deshalb die Länge des Schwanzes genau zu bestimmen; in solchen Fällen habe ich mich damit begnügt, den Kopf, das Verbindungsstück und den vorderen Teil des Hauptstückes abzubilden und im Texte anzugeben, wenn die Schwanzlänge nicht sicher dargelegt werden konnte; in diesen Fällen blieben natürlich auch das Vorkommen und Verhalten des Endstücks unentschieden. Ebenso konnte ich nur ausnahmsweise den Kopf von der Kante her sehen, weil fast sämtliche Köpfe in den Präparaten auf der breiteren Fläche liegen.

Die eingetrockneten Präparate wurden vor der Untersuchung mit Wasser und etwas Ueberosmiumsäure, Rosanilin und Kaliacetat behandelt.

Unter Hinweis auf die Figuren der Taf. XXV und XXVI gehe ich nun zur Beschreibung der Spermien der einzelnen Tierarten über und fange mit denen des Elefanten an.

Alle die Figuren sind bei Zeiss' Apochrom. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Okul. 12, sowie dann noch dreimal linear vergrössert, wiedergegeben.

Elephas africanus cavendishi Lydekker.

Taf. XXV, Fig. 1—8.

Die Fig. 1 und 2 stellen ausgereifte Elefanten-Spermien bei der eben angegebenen Vergrösserung in ihrer ganzen Länge dar. Wie man sieht, sind diese Spermien, nicht relativ, sondern auch absolut beurteilt, von auffallend geringer Grösse. Bei einem Riesentier, wie eben dem afrikanischen Elefanten, könnte man vielleicht a priori grössere Spermien erwarten. Es zeigt sich aber auch hier, wie es so oft im Tierreich der Fall ist, dass die Grösse der Spermien, und zwar sowohl hinsichtlich des Kopfes als des Schwanzes, nicht im Verhältnis zu der Körpergrösse steht, sondern von ganz anderen Bedingungen abhängt. Die Spermien des Elefanten sind ungefähr von der Grösse derjenigen des Menschen, welche schon an sich als klein zu betrachten sind.

Der *Kopf* der reifen Elefanten-Spermien ist, von der Fläche betrachtet, ausgezogen elliptisch (Fig. 2) oder sogar länglich rektangulär mit abgerundeten Ecken (Fig. 1, 3). Wie stark abgeplattet er ist, liess sich, wie oben angedeutet wurde, in den Präparaten nicht entscheiden. An der vorderen Partie (die Hälfte oder mehr) bemerkt man eine dünne Kopfkappe, welche vorn ein wenig vor dem abgerundeten Kopfumfang hervorragt. In jüngeren, unreifen Stadien (Fig. 8) steht sie auch an den Seitenteilen vom Kopfe mehr ab.

Das *Verbindungsstück des Schwanzes* stellt, wie gewöhnlich, einen zylindrischen Strang dar, welcher die Rosanilinfarbe kräftig aufnimmt und ziemlich lang — ungefähr anderthalb Mal so lang wie der Kopf — ist; in ihm erkennt man keine deutliche Struktur, sondern nur eine unbestimmte Körnigkeit. Nach vorn hin, am Kopfansatz, sieht man keine ausgesprochene Halspartie; nach hinten hin verschmälert es sich ein wenig und geht mit bestimmter Grenze in das schmälere und sich nach hinten hin immer mehr verdünnende, helle, sich in Rosanilin nur schwach färbende *Hauptstück* des Schwanzes über, welches von mittelmässiger Länge ist und am hintersten Ende in ein nicht eben deutlich abgesetztes feines Endstück ausläuft.

Am Verbindungsstück nicht ganz reifer Spermien fällt ziemlich leicht die äussere Schicht ab; dann bleibt, wie gewöhnlich, der Axenfaden zurück (Fig. 5, 7, 8).

Procavia pumila rudolfi Thomas.

Taf. XXV, Fig. 9—10.

In den betreffenden Präparaten liessen sich zwar ziemlich viele Spermien nachweisen, von dem Hauptstück des Schwanzes konnte ich aber nur die vorderen Partien sicher sehen.

Der *Kopf* ist sehr breit oval, mit starker vorderer Rundung, und nach hinten hin etwas verschmälert. Der vordere Umfang trägt eine Kopfkappe. Die verschiedenen Köpfe sind von etwas wechselnder Grösse (Fig. 9 und

10); wahrscheinlich stellen die grösseren unreifere Stadien dar. Dass die Köpfe abgeplattet sind, lässt sich annehmen; es konnte in den Präparaten nicht nachgewiesen werden.

Das *Verbindungsstück* ist schmal zylindrisch, etwas länger als der Kopf.

Equus Grevyi Oustalet.

Taf. XXV, Fig. 11.

Die Spermien des Zebras sind kleiner als die unseres zahmen Pferdes[1]), und zwar sowohl hinsichtlich des Kopfes als des Schwanzes und dessen einzelner Abteilungen.

Der *Kopf* der Zebraspermien ist ausgezogen elliptisch, mit der einen Seitenkante mehr, der anderen weniger gebogen verlaufend.

Das *Verbindungsstück* des Schwanzes ist ungefähr anderthalb Mal so lang wie der Kopf, ziemlich schmal zylindrisch, nach hinten hin noch mehr verschmälert, ohne deutlich hervortretende Körnigkeit oder spiralige Anordnung.

Das *Hauptstück* des Schwanzes ist nicht besonders lang, ungefähr wie an den Spermien des Elefanten. Ein kurzes feines Endstück trat nur undeutlich abgegrenzt hervor.

Giraffa reticulata Winton.

Taf. XXV, Fig. 12—16.

Auch bei diesem Tiere sind die Spermien im ganzen verhältnismässig klein. Der *Kopf* ist sogar etwas kleiner als beim Elefanten, der Schwanz ist aber länger (Fig. 12, 13); die Form des Kopfes ist auch hier länglich elliptisch oder schmal oval, mit einer Kappe von verschieden weit nach hinten reichendem Umfang; die Fig. 13, 14 und 16 stellen noch unreife Stadien dar.

Das *Verbindungsstück* ist ziemlich lang, mehr als anderthalb Mal so lang wie der Kopf, an den reifen Spermien (Fig. 12) schmal zylindrisch, an den unreifen (Fig. 13) weit dicker. Die körnig spiralige Zusammensetzung der Hülle trat nicht deutlich hervor; an den Spermien, wo diese Hülle abgestreift war, liess sich der Axenfaden des Stückes (Fig. 14, 15, 16) schön nachweisen. Das *Hauptstück* des Schwanzes verschmälert sich, wie gewöhnlich, nach hinten hin und läuft fein zugespitzt hinaus; das Endstück liess sich nicht sicher dartun.

Connochaetes albojubatus Thomas.

Taf. XXV, Fig. 17—19.

Die Fig. 17, 18 und 19 stellen alle reife oder beinahe reife Spermien des Gnus dar. Auch bei diesem Tier sind sie nicht gross; die Köpfe sind jedoch etwas grösser als bei dem Elefanten und der Giraffe. Die Gestalt des *Kopfes* ist ziemlich breit oval, zuweilen (wie in Fig. 19) in noch höherem Grade, mit stark abgerundetem vorderem Umfang und nach hinten hin verschmälert. Am vorderen Umfang ist eine Kopfkappe deutlich nachweisbar. Hinten ist der Kopf quer abgestutzt und in der Mitte dort etwas konkaviert, wo der Schwanz befestigt ist.

Das schmal zylindrische *Verbindungsstück* des Schwanzes ist beinahe doppelt so lang wie der Kopf; zuweilen kann es etwas dicker sein, wie bei der in Fig. 19 abgebildeten Spermie, welche vielleicht nicht ganz reif ist. Das *Hauptstück* hat ungefähr oder beinahe dieselbe Länge wie an den Giraffenspermien und läuft hinten verschmälert und zugespitzt hinaus, ohne in den Präparaten ein deutliches Endstück zu zeigen.

Cephalophus abyssinicus hindei Wraugthon.

Taf. XXVI, Fig. 1—2.

Von gazellartigen Tieren stehen Spermien von mehreren Genera zur Verfügung. Ich fange hier mit denen von Cephalophus an, weil sie die prägnantesten zu sein scheinen. Diese Spermien sind verhältnismässig auffallend gross. Die Fig. 1 gibt eine solche in ihrer ganzen Länge wieder. Der *Kopf* ist gross, länglich oval,

[1]) Vergl. meine Biol. Unters., Bd. XIV. Taf. L. Fig. 1—18.

vorn abgerundet, nach hinten hin verschmälert und quer abgestutzt, mit einer schwachen Konkavität für den Schwanzansatz. Der vordere Kopfumfang trägt eine Kappe, welche verschieden weit nach hinten reicht (Fig. 1 und 2); sie kann zuweilen noch weiter nach hinten reichen. Über die Abplattung des Kopfes gab das Präparat keine Anweisung.

Der *Schwanz* ist im ganzen ziemlich lang.

Das *Verbindungsstück* ist auch lang, etwa anderthalb Mal so lang wie der Kopf, ziemlich schmal, zylindrisch, nach hinten hin etwas verschmälert und von nur undeutlich körniger Struktur in der Hülle. Das *Hauptstück* verschmälert sich allmählich nach hinten hin und läuft fein zugespitzt aus. Ein Absatz für das Endstück liess sich im Präparate nicht nachweisen.

Gazella granti brighti Thomas.

Taf. XXVI, Fig. 3—5.

Diese Spermien sind im ganzen etwas kleiner als die des Cephalophus. Der *Kopf* ist aber, vor allem im Verhältnis zu seiner Länge, breiter als bei jenen, indem er breit oval ist, mit starker Abrundung des vorderen Umfangs, an dem eine ziemlich weite, nach hinten hin reichende Kopfkappe sitzt. Nach hinten hin verschmälert sich der Kopf und endet quer abgestutzt, mit einer schwachen Einbuchtung für den Schwanzansatz. Die Abplattung des Kopfes konnte auch hier leider nicht konstantiert werden.

Das *Verbindungsstück* des Schwanzes ist zwar absolut kürzer als bei den Spermien des Cephalophus, aber auch hier ungefähr anderthalb Mal so lang wie der Kopf. Es ist schmal zylindrisch, von undeutlich körnigem Bau in seiner Hülle. Das *Hauptstück* verschmälert sich stark nach hinten hin; seine Länge konnte nicht weiter nach hinten verfolgt werden als sie in Fig. 3 wiedergegeben worden ist; es ist aber möglich, dass das Stück noch länger sein kann.

Rhynchotragus guentheri wrougthoni Drake-Brockman.

Taf. XXVI, Fig. 6—8.

Von den Spermien des Rhynchotragus gelang es mir, im Präparate nur die vorderen Partien zu eruieren, indem die hinteren Teile des Schwanzhauptstücks unter den eingetrockneten Zellresten verborgen lagen.

Der *Kopf* ist ziemlich schmal oval, länger als bei Gazella granti, aber kürzer als bei Cephalophus. Der Grad der Abplattung liess sich nicht nachweisen. Am vorderen abgerundeten Umfang trägt der Kopf eine ziemlich weit nach hinten reichende Kappe. Am hinteren, allmählich verschmälerten Ende ist er quer abgestutzt und für den Schwanzansatz etwas ausgehöhlt.

Das *Verbindungsstück* des Schwanzes ist wenig länger als der Kopf, schmal zylindrisch, mit undeutlich körniger Hülle und geht ohne starken Absatz in das Hauptstück über.

Aepyceros melampus Lichtenstein.

Taf. XXVI, Fig. 9—10.

Auch an den Spermien dieser Gazelle liessen sich im Präparate nur die vorderen Partien eruieren, indem sich die hinteren Teile des Schwanzhauptstücks verbargen.

Der *Kopf* stellt hinsichtlich der Form gewissermassen ein Zwischenglied zwischen derjenigen der Spermien von Gazella granti und der Spermien von Rhynchotragus dar. Er ist nämlich etwas breiter oval bei den letzteren, aber etwas schmäler als bei Gazella granti, deren Spermien die des Aepyceros am meisten ähneln. An dem vorderen breit abgerundeten Umfang des Kopfes findet sich eine deutliche Kappe. Das hintere, allmählich verschmälerte Ende ist quer abgestutzt und für die Aufnahme des vorderen Schwanzendes etwas konkaviert.

Das schmal zylindrische, undeutlich körnig strukturierte *Verbindungsstück* ist weniger als anderthalb Mal so lang wie der Kopf und geht, hinten noch mehr verschmälert, ohne starken Absatz in das *Hauptstück* über.

Lithocranius walleri (Brooke).

Taf. XXVI, Fig. 11—12.

Die Spermien dieses Tieres sind, vor allem in Betreff des Kopfes, auffallend kleiner als diejenigen der hier oben besprochenen Gazellarten. Ein Überblick über die betreffenden Figuren zeigt dies sogleich. Der *Kopf* der Spermien von Lithocranius ist auch absolut klein, von ovaler oder elliptischer Form, mit einer Kappe am vorderen Umfang, hinten abgestutzt und mit einer schwachen Aushöhlung für den Schwanzansatz versehen.

Das *Verbindungsstück* des Schwanzes ist dagegen sowohl relativ als absolut lang, ungefähr doppelt so lang wie der Kopf; es ist sehr schmal zylindrisch, mit undeutlich körniger Hülle. Das schmale, nach hinten fein auslaufende *Hauptstück* des Schwanzes ist wahrscheinlich nicht lang, konnte aber in seinem hinteren Teil nicht verfolgt werden.

Oryx beisa annectens (Hollister).

Taf. XXVI, Fig. 13—15.

Die Spermien dieses Tieres sind in mehrerer Beziehung denen von Lithocranius ähnlich. Der *Kopf* ist klein, oval, mit mehr oder weniger deutlich hervortretender Kappe (Fig. 14, 15) am vorderen Umfang. Die eine Seitenkante des Kopfes ist oft mehr gerade als die andere, die ziemlich gebogen erscheint (Fig. 13). Der nach hinten hin verschmälerte Kopf ist quer abgestutzt und trägt den Schwanzansatz. Die Abplattung des Kopfes liess sich leider nicht ernieren.

Das *Verbindungsstück* des Schwanzes ist auch hier lang, jedoch nicht ganz doppelt so lang wie der Kopf; es ist schmal zylindrisch, mit undeutlich körniger Hülle, welche am Anfang des *Hauptstücks* nur schwach abgesetzt ist. Das letztere Stück ist verhältnismässig lang (Fig. 13) und läuft hinten fein zugespitzt aus, mit einem kurzen, sehr feinen *Endstück* endigend.

Cobus ellipsiprymnus (Ogilby).

Taf. XXVI, Fig. 16 und 17.

Von diesen Spermien konnte die hintere Partie des Schwanzhauptstücks nicht bis zu ihrem Ende verfolgt werden, weshalb nur die vorderen Teile wiedergegeben worden sind.

Der *Kopf* ist im ganzen klein, jedoch etwas grösser als bei Oryx. Er ist oval und trägt am vorderen Umfang eine Kappe, welche ziemlich weit nach hinten reicht.

Das am verschmälerten hinteren, quer abgestutzten Kopfende befestigte, schmal zylindrische *Verbindungsstück* des Schwanzes ist verhältnismässig lang, mehr als anderthalb Mal so lang wie der Kopf, und geht ohne starken Absatz in das Hauptstück über.

Buffelus caffer (Sparrman).

Taf. XXVI, Fig. 18—22.

Die Büffelspermien sind auch im ganzen von geringen Dimensionen. Die Fig. 18 gibt eine solche Spermie wieder. Der *Kopf* ist klein, bedeutend kleiner als bei dem zahmen Stier (unser Bos taurus [1]). Er ist ganz schmal oval, mit mehr oder weniger deutlich hervortretender Kappe am vorderen Umfang (Fig. 20, 22), hinten quer abgestutzt mit schwacher Aushöhlung für den Schwanzansatz. Hier gelang es mir, Kantenbilder des Kopfes zu finden, welche zeigten (Fig. 21), dass der Kopf stark abgeplattet ist; ob die hier von dem Präparate wiedergegebene Schiefstellung des Kopfes natürlich ist, wage ich nicht zu sagen.

Das *Verbindungsstück* ist lang, doch nicht ganz doppelt so lang wie der Kopf; es ist schmal zylindrisch, un-

[1]) Da ich nun meine alten Präparate dieser Stierspermien von neuem besichtige, finde ich, dass mein sonst so sorgfältiger Zeichner, welcher diese Spermien auf der Taf. L in dem XIV. Bande meiner Biolog. Unters. wiedergegeben hat, dieselben leider verhältnismässig (etwa $^1/_5$) zu gross gezeichnet hat, weshalb sie, mit den Büffelspermien verglichen, noch grösser als in der Wirklichkeit erscheinen.

deutlich körnig und setzt sich vom *Hauptstück* nicht scharf ab. Wenn die Hülle abgestreift wird, zeigt sich der schmale Axenfaden (Fig. 22). Dieses Stück verschmälert sich hinten stark und läuft, fein zugespitzt, in ein undeutlich abgesetztes, kurzes *Endstück* hinaus.

Cynailurus jubatus guttatus (Hermann).

Taf. XXV, Fig. 23—25.

Von Carnivorenspermien waren in den Präparaten diejenigen von Cynailurus und Leo vertreten. Sie waren indessen in der eingetrockneten Testissubstanz so eingebettet, dass ich nur die Köpfe und teilweise die vordere Partie des Schwanzes sicher wahrnehmen konnte. Da aber die Spermien dieser Tiere meines Wissens noch nicht beschrieben worden sind, teile ich hier, obwohl es nur fragmentarisch werden kann, das, was ich gefunden habe, mit.

Die Spermien des Jagdleoparden sind ganz klein, mit bald mehr ovalem, bald mehr elliptischem, bald mehr konischem kleinem *Kopf* (Fig. 23, 24, 25) und kurzem, sehr schmalem *Verbindungsstück*, das kaum länger als der Kopf ist. Das *Hauptstück* ist ein feiner Faden, dessen Länge ich nicht eruieren konnte.

Felis leo somaliensis (Noack).

Taf. XXVI, Fig. 26—29.

Von den Spermien des Löwen vermochte ich in den Präparaten nur die Köpfe und die Halspartie des Schwanzes deutlich wahrzunehmen, weshalb ich mich darauf beschränke, diese wiederzugeben. In den Fig. 26—29 sind also vier solche Köpfe abgebildet. Wie man sieht, sind sie verhältnismässig sehr klein, sogar etwas kleiner als bei Felis catus; sie sind beinahe tonnenförmig, vorn und hinten beinahe quer abgestutzt; die eine Seitenkantenlinie ist etwas mehr gebogen als die andere, und die vordere Abstutzung ist auch etwas gekrümmt und schief verlaufend. Eine Kopfkappe umhüllt den vorderen Umfang. An der hinteren queren Abstutzung ist in der Mitte eine Einsenkung, in welcher die helle schmale Halspartie des Schwanzes befestigt ist.

Xerus rutilus (Cretschmar).

Taf. XXVI, Fig. 30.

Von dem Erdeichhörnchen habe ich nur ein Spermium wiedergegeben. Es ist von geringer Grösse, mit sehr breit ovalem Kopf, wahrscheinlich von abgeplatteter Gestalt, obwohl ich diese Abplattung nicht nachweisen konnte; am hinteren, etwas abgestutzten Ende ist das kurze, schmale *Verbindungsstück* befestigt; es hat ungefähr die Länge des Kopfes. Das hinten gut abgesetzte Stück läuft in den schmalen Faden des *Hauptstücks* aus, welches hinten fein endigt, ohne dass ich ein abgesetztes Endstück nachweisen konnte.

Macroscelides pulcher (Thomas).

Taf. XXVI, Fig. 31 und 32.

Von Insectivoren ist nur dieses Tier hier vertreten. Seine Spermien sind klein, mit beinahe rundem (wahrscheinlich abgeplattetem) *Kopf*, kurzem, schmalem *Verbindungsstück* (wenig länger als der Kopf) und sehr feinem, fadenförmigem *Hauptstück* des Schwanzes.

Struthio molybdophanes (Reichenow).

Taf. XXV, Fig. 20—23.

Die Spermien des Strausses sind meines Wissens bisher nicht näher beschrieben worden. Dies ist in der betreffenden Literatur mehrmals hervorgehoben worden, und man hat betont, dass es von besonderem Interesse wäre, ihre Gestalt kennen zu lernen und zu erfahren, in welcher Richtung sie sich differenziert habe. Es war deshalb sehr wertvoll, dass Professor Lönnberg von dem von ihm geschossenen grossen und voll erwachsenen Strausshahn Spermienpräparate machte.

Bekanntlich sind bei den meisten Vogelordnungen die Spermien bei dem Typus der Sauropsidenspermien geblieben. Nur in der Ordnung der Passeres ist eine eigentliche Differenziation dieser Elemente eingetreten; hier ist sie aber in auffallend hoher und reichlich wechselnder Weise ausgefallen. Es war infolgedessen von vornherein wahrscheinlich, dass die Spermien des Strausses denjenigen der meisten Ordnungen ähneln würden; es wäre aber doch möglich, dass bei einem so stark differenzierten Vogel, wie es der Strauss ist, auch die Spermien sich in mehr oder weniger ausgesprochener Weise differenziert hätten. Jedenfalls war es von Interesse, sicher zu erfahren, wie sich die Sache in der Tat verhält. Auch war es interessant, kennen zu lernen, ob bei einem so riesigen Vogel, dem bei weitem grössten der jetzt lebenden, die Grösse der Spermien im direkten Verhältnis zu derjenigen des Körpers steht.

Schon der erste Anblick der Straussspermien in den Präparaten zeigte, dass auch sie den Sauropsidentypus bewahrt haben. Die Fig. 20 der Taf. XXV stellt ein ganzes solches Spermium dar. Wenn man es mit den Spermien der verschiedenen Vogelordnungen vergleicht, findet man bald, dass es der allgemeinen Form nach vor allem derjenigen der Spermien des Haushahns nahe steht (s. Fig. 1 der Taf. XXXI meiner Biolog. Unters., Band XIV). Der *Kopf* der Straussspermie, dessen Länge jedoch wechseln kann, ist nicht selten etwas länger als beim Hahn, er ist aber in der Regel schmäler als bei diesem. Dies letztere ist aber auch der Fall mit dem Verbindungsstück des Schwanzes, und das Hauptstück ist kürzer als beim Haushahn. Die Spermien des Strausses sind deshalb im ganzen eher als absolut klein zu bezeichnen, und im Verhältnis zu der Körpergrösse des Strausses sind sie auffallend klein, sind gar nicht im Verhältnis zu dieser vergrössert worden.

Der *Kopf* der Straussspermien stellt einen schwach spiraligen, (in etwa anderthalb Windungen) gebogenen, schmalen Zylinder dar, der sich nach vorn hin allmählich noch mehr verschmälert und sich am hinteren Ende auch etwas verengert. Am vorderen Kopfende sitzt ein konisches, spitz ausgezogenes Spitzenstück, *Perforatorium*, welches sich mit sauren Anilinfarben (Rosanilin, Gentiana etc.) stark färbt. Die hintere Partie des Kopfes, an welcher die spiralige Biegung am meisten ausgesprochen ist, trägt am hinteren Ende den Schwanzansatz, indem sich hier das relativ kurze und schmale, zylindrische *Verbindungsstück* ansetzt, in dessen Hülle die spiralige Struktur im reifen Stadium kaum oder nicht hervortritt.

Das *Hauptstück* des Schwanzes ist, wie erwähnt, nicht lang; es bildet einen feinen Faden, der sich nach hinten hin immer mehr verschmälert und spitz ausläuft, ohne ein besonderes Endstück darzubieten.

Wie oben schon betont wurde, kann der Kopf verschieden lang sein. Die Fig. 20, 21, 22 und 23 stellen einige Beispiele von solchen Köpfen dar; die Fig. 22 gibt einen kurzen, die Fig. 23 einen besonders langen Kopf wieder. Auch der Schwanzfaden kann etwas verschieden lang sein, aber die Fig. 20 scheint das gewöhnliche relative Mass darzubieten.

11.

ZUR KENNTNIS DER SPERMIEN DER VÖGEL.

Taf. XXVII.

In meiner als Nr. 10 im XIV. Bande der Biolog. Untersuchungen, N. F. (1909), veröffentlichten Arbeit über die Spermien der Vögel habe ich u. a. auch die Spermien der *Corvidae* behandelt und bei zwei Vertretern dieser Familie, nämlich *Corvus cornix* L. und *Pica pica* (L.), nachgewiesen, dass die Spermien dieser zu der Ordn. *Passeriformes* geführten Vögel sich in einigen interessanten Beziehungen von den anderen Passeres unterscheiden. Es besitzen nämlich diese Spermien während ihrer Entwicklung einen den vorderen Teil des Hauptstücks und den Kopf spiralig umwickelnden, ziemlich dicken Faden, welcher von der fertigen Spermie abfällt und dann im reifen Sperma als freie Spirale noch einige Zeit zu finden ist. Ich betonte zugleich, dass es wertvoll wäre, noch andere Vertreter der Fam. Corvidae und ihr nahe stehende Vögel in dieser Hinsicht genauer zu studieren. Vor allem sei es von Interesse, zu erfahren, ob Übergangsformen zwischen diesen Spermien und denjenigen der anderen Passeriformes nachzuweisen sind. Ich hob dabei ganz besonders die *Garrulidae*, die *Laniidae* und die *Oriolidae* hervor.

Trotz vielfacher Bemühungen war es mir aber bisdahin nicht möglich gewesen, mir von diesen genannten Vogelfamilien geeignetes Material zu verschaffen; aber auch von mehreren in unserem Lande mehr oder weniger reichlich vorkommenden Corviden gelang mir dies nicht. Von mehreren, z. B. von Corvus frugilegus L. und Garrulus glandarius (L.) erhielt ich zwar im Frühjahr 1908 mehrere Exemplare; sie waren aber alle zu jung, ohne Spermien in den noch schwach entwickelten Hoden.

Wie ich schon in meiner vorigen Arbeit angeführt habe, erwähnt Ballowitz[1]) in seiner Beschreibung der Vogelspermien, dass er bei der Untersuchung der Spermien von Oriolus und Lanius Andeutungen zu spiraligen Anordnungen gesehen habe, welche denen der eigentlichen Singvögel ähneln. »Ein von dem geschilderten etwas verschiedenes Aussehen», sagt er, »bieten die Spermatozoën von Oriolus, Lanius und Corvus dar. Die Geisseln sind bei diesen Tieren zwar auch schnurgerade, aber sehr fein und ohne erkennbaren Spiralsaum ... Auch habe ich niemals abgelöste, noch mit der Geissel zusammenhängende Stücke eines, wenn auch sehr feinen Spiralsaumes sehen können, wie es ja an den Samenkörpern der übrigen Singvögel so häufig vorkommt. Und doch ist es durchaus wahrscheinlich, ja als gewiss anzunehmen, dass der hier nur sehr dünne Protoplasmamantel eine, wenn auch noch so geringe spiralige Anordnung besitzt. Ich fand nämlich auch im Sperma von Oriolus und Lanius zahlreiche isolirte Spiralen von meist 4—5 breiten Windungen, welche jedenfalls mit der Bildung eines Spiralsaums im Zusammenhang stehen. Indessen weisen dieselben durch ihre Dicke und Kürze, die Breite ihrer Windungen und eine zungenartige Verbreiterung an dem einen (hinteren) Ende darauf hin, dass sie sich unmöglich von den ausgebildeten Geisseln können abgelöst haben, vielmehr einer früheren Entwickelungsstufe der Spermatozën angehören müssen.»

Von Oriolus und Lanius teilt Ballowitz Abbildungen der Spermien mit, an denen man im reifen Zustande nur einen spiralig gewundenen Kopf und einen feinen geraden Axenfaden bemerkt; ausserdem aber noch von jedem dieser Vögel noch nicht reife Spermien mit je einer dicken Plasma-Spirale, welche am hinteren Ende des Kopfes

[1]) E. Ballowitz, *Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoën* etc. Theil I. *Die Spermatozoën der Vögel.* Archiv f. mikrosk. Anatomie. 32. Band, 1888.

beginnt und dort befestigt ist und hinten von dem geraden Schwanzfaden mehr oder weniger abgelöst ist; dazu gibt er auch Abbildungen von ganz abgelösten Plasma-Spiralen. Ballowitz scheint also offenbar an den unreifen Spermien von Oriolus und Lanius das Vorhandensein solcher den Schwanzfaden umwindenden, nach vorn bis zum hinteren Kopfende reichenden Plasma-Spiralen, die bei den reifen Spermien abgelöst werden, anzunehmen.

Von den Corvidae hatte Ballowitz nur ein einziges Exemplar von *Corvus frugilegus* zur Verfügung, »welches erst zu später Jahrcszeit geschossen war, so dass das Vas deferens nur wenige Spermatozoën enthielt und nur ganz ungenügende Präparate liefern konnte. Auch war es mir», fügt Ballowitz hinzu, »nicht möglich, anderer Vertreter dieser Gattung habhaft zu werden.»

Bei meinen eigenen vorigen Untersuchungen (Biol. Unt. Band XIV, 1909) fand ich dann, wie oben erwähnt, bei *Corvus cornix* und *Pica pica*, dass im noch unreifen Stadium, also während der Entwicklung, die Spermien von je einem ziemlich dicken protoplasmatischen Spiralfaden lose umwunden sind, welcher nicht nur den vorderen Teil des Schwanzfadens, sondern auch den Kopf bis an die Spitze umgibt. Dieser Spiralfaden, welcher offenbar dem auch an den reifen Spermien der meisten Passeriformen stets sowohl am Kopf als am Schwanzfaden festsitzenden und zurückbleibenden Apparat homolog sein muss, fällt bei den Spermien der Corviden im reifen Zustande ab, was für die echten Vertreter dieser Familie charakteristisch ist.

Mir war aber zu jener Zeit (1908—09) kein Material für Spermienuntersuchungen von Lanius und Oriolus zugänglich, so dass ich keine Angaben darüber hinzufügen konnte. Aus den Angaben von Ballowitz schien aber hervorzugehen, dass sich diese Vogelspermien denen von Corvus cornix und Pica pica ziemlich ähnlich verhalten dürften. Ich habe mich deshalb seitdem bemüht, mir von ihnen das gewünschte Material zu verschaffen. Im letzten Mai ist es mir gelungen, durch Herrn A. Cohn in Stockholm, solches von *Lanius* zu bekommen; und zu gleicher Zeit erhielt ich auch von *Coloeus monedula* geeignetes Material, das ich der liebenswürdigen Hülfe des Konservators Dr. O. Holmqvist in Lund verdanke. Von den Garruliden gelang es mir zwar, durch die gütige Vermittelung des Intendanten Dr. A. Behm auf Skansen in Stockholm, eine Reihe von lebenden Männchen von Garrulus glandarius zu erhalten; sie zeigten sich aber bei der Untersuchung sämtlich zu jung; hoffentlich wird es ein anderes Jahr, wo einige noch überlebende Exemplare untersucht werden sollen, besser gelingen.

Ich gehe nun zur Beschreibung der Spermien von Coloeus und Lanius über.

Die Spermien von Coloeus monedula (L.).

Taf. XXVII, Fig. 1—11.

Die ganz reifen Spermien von Coloeus ähneln denen von Corvus cornix, sie sind aber etwas kleiner, indem sowohl der Kopf als der Schwanzfaden in der Regel kürzer sind. Der *Kopf* ist auch schmäler und bietet nur zwei Spiralwindungen dar (Fig. 1 und 2). Das *Spitzenstück* ist mit zwei scharf geknickten Spiralbiegungen versehen und läuft vorn ganz dünn hinaus. Das *Verbindungsstück* bildet am hinteren Kopfende ein schmales, sackförmiges, nach hinten hin sich allmählich noch mehr verschmälerndes Anhängsel, welches am Hinterende des Kopfes befestigt ist und den Schwanzfaden mit etwas mehr als einer Windung spiralig umgibt und hinten abgerundet und stumpf endigt. Der *Schwanzfaden* ist sehr fein und läuft hinten zugespitzt hinaus, ohne ein deutlich abgesetztes Endstück zu zeigen. Mit Rosanilin färbt sich an Osmiumpräparaten das Spitzenstück und das Anhängsel des Verbindungsstücks rot (Fig. 1); ebenso in den Carnoy-Biondi-Präparaten, in welchen das eigentliche Kopfstück intensiv blaugrün hervortritt (Fig. 2).

An den noch nicht ausgereiften Spermien (Fig. 3 und 4) bemerkt man nun, wie an denen von Corvus cornix und Pica pica, einen den vorderen Teil des Schwanzfadens und den Kopf mehr oder weniger weit nach vorn hin spiralig umwindenden, sich in Rosanilin (Fig. 3) und Säurefuchsin (Fig. 4) rot färbenden Faden, welcher vorn spitz, hinten verdickt und, wie man sagt, zungenförmig abgestumpft endigt. Er liegt gewöhnlich sowohl dem Kopf als dem Schwanzfaden nur lose an und ist übrigens von verschiedener Dicke und Länge; gewöhnlich kann man ihn bis zum vorderen Ende des eigentlichen Kopfstücks verfolgen, zuweilen endigt er aber schon vorher, an der Mittelpartie des Kopfes. Er kann aber auch in der vorderen Partie, am Kopfe, recht massiv sein und das Kopfstück mit seinen Spiralwindungen eng umfassen (Fig. 5). Nach der Ausreifung der Spermien fallen dann, wie bei Corvus cornix und Pica pica, diese Spiralfäden ab und werden als frei in dem Sperma gelegene Gebilde

angetroffen; sie bieten recht verschiedene Formen dar; die Fig. 8, 9, 10 und 11 geben einige solche Formen derselben wieder. Wie die Fig. 6 und 7 zeigen, welche frühere Stadien der Entwicklung dieser Spermien in Biondifärbung wiedergeben, bilden sich diese Spiralfäden aus dem den Spermiozyten ansitzenden Protoplasma aus.

Lanius collurio. L.

Taf. XXVII, Fig. 12—23.

Die reifen Spermien von Lanius (Fig. 12 von einem Osmium-Rosanilinpräparat; Fig. 13, von einem Carnoy-Biondipräparat) zeigen ein verhältnismässig langes und schmales, in etwa drei Spiralwindungen gedrehtes *Kopf*stück, an dessen vorderem Ende ein kurzes, auch spiralig gewundenes, feines, sich rot färbendes *Spitzenstück* sitzt. Hinten hängt an dem Kopf ein sehr feiner, gerader, nicht besonders langer *Schwanzfaden*, an dessen Ansatz das kurze, sackförmige, hier rotgefärbte *Verbindungsstück* befestigt ist und nach hinten hin etwas spiralig das vordere Ende des Schwanzfadens umgibt Fig. 12—16. Die Fig. 23 stellt ein solches Stück ohne das Kopfstück dar.

Mit dem Biondigemisch färbt sich das Kopfstück intensiv grün (Fig. 13).

Die noch nicht reifen Laniusspermien haben sowohl um den vorderen Teil des Schwanzfadens als um den ganzen Kopf einen schönen, in der Regel dünnen, sich rotfärbenden *Spiralfaden* mit etwa sechs bis sieben Windungen. Dieser Spiralfaden sitzt gewöhnlich, wie die Fig. 14, 16, 17 zeigen, lose an und reicht sogar vorn bis auf das Spitzenstück hinaus; das hintere Ende des Spiralfadens reicht ungleich weit nach hinten und ist verschieden lang (Fig. 14, 15, 16, 17); hinten wird er dicker und endigt oft mit einem Klumpen oder einem schmäleren Zungenstück. In der Fig. 22 findet man ein früheres Stadium einer sich entwickelnden Spermie, ebenfalls mit der Anlage des noch sehr dicken und klumpigen Spiralfadens versehen.

Bei der Ausreifung der Spermien wird dieser Spiralfaden abgelöst und abgeworfen, nnd dann findet man solche Spiralen frei im Sperma verstreut (Fig. 20, 21). Es sind offenbar solche abgelöste Spiralfäden, die Ballowitz im Sperma von Lanius (und Oriolus) angetroffen und abgebildet hat; seine Auffassung, dass sie im unreifen Zustande die Spermien umgeben haben, ist also auch richtig; nur enden sie nicht, wie er gemeint zu haben scheint und seine Figuren andeuten, am hinteren Ende des Kopfes, sondern umwinden in der Regel denselben mit weiten Schlingen bis auf das Spitzenstück.

Die Spermien von Oriolus hatte ich bisher nicht Gelegenheit zu untersuchen. Nach Ballowitz' Darstellung scheinen sie aber denen des Lanius sehr ähnlich zu sein.

Was nun die Spermien von Lanius in *typischer* Hinsicht betrifft, so gehören sie nach der obigen Beschreibung offenbar zu demselben Typus, wie die Spermien von Corvus cornix, Pica pica und Coloeus monedula, also zu demjenigen der echten Corvidae. Es ist diese Tatsache für die *systematische* Stellung der Laniidae (bzw. der Oriolidae) nicht ohne Bedeutung. Früher fand man in den faunistischen Arbeiten in der Tat die Gattung Lanius mit den Corvidae nahe zusammengeführt. In neuerer Zeit hat man sie aber von diesen abgetrennt und sie als eine Fam. Laniidae, weit von den Corvidae geschieden, *nach* den Fam. Sturnidae, Fringillidae, Certhiidae, Sittidae, Paridae verschoben und plaziert.[1]) Dies stimmt mit den Spermientypen gewiss nicht überein. Und *weil der Typus der Spermien bei den Tieren im allgemeinen, und nicht am wenigsten bei den Vögeln, sehr charakteristische Kennzeichen von Verwandschaft und Nichtverwandschaft abgeben, sollte meiner Ansicht nach im System die Fam. Laniidae in die nächste Nähe der Fam. Corvidae zurückgeführt werden.*

Wahrscheinlich können in systematischer Hinsicht durch das Studium und die Berücksichtigung der Spermienformen noch andere solche Anweisungen auf die richtige natürliche Anordnung gefunden werden.

* * *

Zu der obigen Darstellung der Spermien von Coloeus und Lanius füge ich hier noch einige Mitteilungen über Spermien von *Cypselus apus* und *Columba livia domestica*, sowie auch eine Notiz über Spermien von *Molge cristata*, hinzu.

Weil es mir von Interesse zu sein schien, zu erfahren, ob die Spermien von *Cypselus apus* (L.) oder *Apus apus* (L.) dem Typus angehören, welcher seine Stellung im Systeme (Ordn. Coraciiformes, Unterordn. Cypseli) neben den *Picidae, Caprimulgi* und *Striges* angibt, bemühte ich mich schon seit Jahren, geeignetes Material hierzu zu be-

[1]) S. u. a. Einar Lönnberg, *De svenska ryggradsdjurens vetenskapliga namn*, 1908.

kommen. Durch die Fürsorge der Herren A. Cohn und Dr. O. Holmqvist gelang mir dies im letzten Frühling. Es zeigte sich, dass der Spermietypus bei Cypselus dies vollständig bestätigt. Er ähnelt denen der genannten Familien in hohem Grade und gehört zu dem echten Sauropsidentypus, welchen alle Vögel, mit Ausnahme der Passeriformes, zu besitzen scheinen. Die Fig. 25 der Taf. XXVII zeigt ein ganzes Spermium von Cypselus, die Fig. 26 und 27 ders. Taf. zwei Köpfe mit dem Verbindungsstück und dem vorderen Teil des Hauptstücks, alle nach Osmiumbehandlung; die Fig. 24 gibt den Kopf, das Verbindungsstück und das Vorderende des Hauptstücks mit Biondigemisch gefärbt wieder. Der *Kopf* stellt einen langen, schmalen, sich nach vorn und ein wenig nach hinten verschmälernden, nach einer Seite etwas gebogenen Zylinder dar, an dessen zugespitztem Vorderende mehr oder weniger deutlich ein ganz kleines Spitzenstück wahrzunehmen ist. Mit Biondigemisch färbt sich das Kopfstück intensiv grün (Fig. 24). Das kurze, zylindrische, hinten etwas schmälere *Verbindungsstück* färbt sich rot und läuft in einen langen, äusserst feinen *Schwanzfaden* aus, an dessen hinterem, sehr feinem Ende kein abgesetztes Endstück zu sehen war.

Was die Spermien von *Columba livia domestico* (L.) betrifft, habe ich schon im XIV. Bande dieser Biolog. Untersuchungen (1909) S. 101—103 dieselben eingehend beschrieben und abgebildet, so dass ich auf jene Darstellung hinweisen kann. Ich wiederhole diesmal nur, dass man bis dahin die Frage von dem eigentlichen *Kopfstück* in verschiedener Weise aufgefasst hatte. Ballowitz hatte in seiner ersten umfassenden Abhandlung über die Spermien der Vögel vom Jahre 1888 das vordere, schmal zylindrische Stück mit dem vorn ansitzenden Spitzenstück als den eigentlichen *Kopf*, das danach folgende, auffallend lange Stück als ein *Hauptstück* und nicht als *Verbindungsstück* gedeutet; er nahm aber im Jahre 1890 die letztere Frage wieder auf und erklärte, dass er, nachdem er die Spermien der Schlangen untersucht hatte, mehr der Ansicht zuneige, dass das fragliche lange Stück der Taubenspermien einem Verbindungsstück entspreche. Waldeyer folgte im Jahre 1901 hauptsächlich der ersten Auffassung von Ballowitz, obwohl er auch die spätere Deutung dieses Autors hinzufügte. Im Jahre 1902—03 nahm Benda diese Frage von neuem auf und kam zu der sonderbaren Ansicht, dass bei den Taubenspermien der Kopf von Ballowitz nur das Perforatorium (das Spitzenstück) darstelle, und das lange Stück hinter demselben dem eigentlichen Kopfe (Kerne) entspreche. Benda fügte hinzu, diese Deutung »ist das Resultat der histogenetischen Analyse».

In meiner Darstellung vom Jahre 1909 stellte ich fest, dass das vordere kürzere Stück dem *Kopfe* und das danach folgende lange Stück einem ausserordentlich langen *Verbindungsstück* entsprechen. Auf meiner Taf. XXX derselben Arbeit legte ich dies in deutlichen Abbildungen dar.

Indessen schien es mir noch von Interesse zu sein, diese eigentümlichen Spermien mittelst der *Biondifärbung* zu prüfen. Diese vortreffliche Methode stellte die Tatsache absolut fest, dass die eben angeführte Auffassung die einzig richtige ist. Das vordere kürzere Stück färbte sich intensiv grün; nur sein kleines Spitzenstück wurde rot; das lange Verbindungsstück wurde rot gefärbt. In der Fig. 28 der Taf. XXVII hierunten ist die vordere Partie einer Taubenspermie in Biondifärbung wiedergegeben. Das intensiv grüngefärbte Stück ist das *Kopf*stück (der »Kern»). Danach folgt das lange, rote, spiralig umwundene Verbindungsstück, von dem aber nur die vorderste Partie abgebildet ist.

Ich studierte auch mit der Biondifärbung die Histiogenese der Taubenspermien, und alles bestätigte die geschilderte Auffassung; ich brauche aber hierauf nicht näher einzugehen.

Um den kleinen übrig gebliebenen Platz auf der Tafel zu füllen, teile ich in Fig. 29 eine Spermiozyte mit den stark grüngefärbten Chromosomen am Aequator der Spindel mit.

* * *

Weil auf dieser Tafel (XXVII) noch etwas Platz auszufüllen ist, füge ich die vorderen Enden von zwei Spermien von *Molge cristata* (Laur.) hinzu, welche ebenfalls mit dem Biondigemische gefärbt sind. Die Fig. 30 ist bei Zeiss' Apochr. 2 mm, Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12, die Fig. 31 ebenso, aber noch dreimal linear vergrössert, abgebildet.

An beiden sieht man vorn das feine, mit einem Widerhaken versehene *Spitzenstück* rotgefärbt. Danach folgt das lange, schmale, zylindrische Kopfstück, intensiv grüngefärbt. Dann kommt das kurze, zylindrische »Mittelstück», und zwar mit der *Orange*farbe des Gemisches intensiv gefärbt, wonach der Anfang des rotgefärbten Hauptstückes mit dem roten Randfaden folgt. Ich habe diese Figuren besonders deshalb hier mitgeteilt, um die Orangefarbe des Mittelstückes, welche mir auffallend erschien, zu zeigen. Sonst färbt sich an Spermien fast nie etwas in dieser Farbe, welche in den Präparaten in der Regel nur rote Blutkörperchen tingiert.

12.

RÜCKBLICK

auf einige der in den Untersuchungen bei den Eiern und Spermien mittelst der Ehrlich-Biondifärbung gewonnenen Ergebnisse.

In mehreren der obigen Mitteilungen, und zwar besonders in den unter den Nummern 2, 3, 4 und 5 dieses Bandes der Biol. Unters. (N. F. B. XVI) aufgeführten, habe ich über Untersuchungen berichtet, in welchen nicht nur die wahrnehmbaren morphologischen, sondern auch die Farbenaffinität-Veränderungen während gewisser wichtiger Lebensprozesse der Zelltätigkeit verfolgt worden sind.

In erster Linie habe ich dabei versucht, die *Veränderungen des Kerns und seiner Bestandteile*, vor allem des Chromatingerüsts und des Kernkörperchens, zu eruieren. Dass ich dabei ganz besonders die Eier und Spermien zu Versuchsobjekten, und zwar teils jede für sich, teils in ihrem Verhalten zu einander, auswählte, ist natürlich, teils wegen ihrer hervorragenden Bedeutung im allgemeinen, teils auch weil man diese Zellelemente am besten in isoliertem Zustande mehr oder weniger lange lebendig erhalten und in verschiedenen Phasen ihrer Entwicklung aufbewahren kann. Ich versuchte also, diese normal vorsichgehenden Veränderungen sowohl während der Ausbildung der Eier in den Ovarien bis zur Reifung, wie auch während des Reifungsprozesses und der Befruchtung bzw. der Parthenogenese, sowie während der danach folgenden Entwicklung bis in das Gastrulastadium zu verfolgen. Zu Versuchsobjekten wählte ich dabei vor allem die Eier gewisser leicht und in hinreichender Zahl zugänglicher Echinodermen, teils auch die Eier von Ascaris megalocephala sowie Eier mehrerer Vertreter einiger anderer Ordnungen und Klassen des Tierreiches aus. Hinsichtlich der Spermien habe ich sie besonders bei dem Befruchtungsprozesse verfolgt, aber auch etwas während ihrer Entwicklung studiert. Es wäre gewiss von Interesse gewesen, diese Untersuchungen noch weiter ausgedehnt zu haben, falls Zeit und Gelegenheit dies erlaubt hätten. Das betreffende Gebiet ist ja sehr umfassend und verlockend. Weil ich aber durch die schon ausgeführten Studien in mehreren Beziehungen zu gewissen mehr oder weniger bestimmten und allgemein geltenden Ergebnissen gelangt bin, habe ich es richtiger gefunden, die betreffenden Befunde schon jetzt zu veröffentlichen, da ich nicht weiss, wie lange es mir vergönnt sein wird, diese Forschungen fortsetzen zu können.

Am Abschluss der verschiedenen obigen Kapitel wurden im allgemeinen kurze Rückblicke auf die Befunde und Ergebnisse geliefert. Hier in diesem übersichtlichen Rückblick möchte ich aber versuchen, eine Zusammenfassung der mehr allgemein gültigen Resultate zu geben, und habe dieselben in den folgenden Bemerkungen zusammengeführt.

I. Während der *Ausbildung der Eier in den Ovarialsäcken*, und zwar schon von einem sehr frühen Stadium an, enthalten bei den *Echinodermen* die Keimbläschen kein im Biondigemisch sich grün färbendes Chromatin. Sowohl die *Körnchen ihrer Fäden, die sog. Chromiolen, als ihre Nukleolen* nehmen in der Regel nur eine *rötliche*, oder noch mehr eine *violette* Farbe an und behalten diese bis zum Prozesse der Abgabe der Richtungskörper. Wie vor allem Oscar Hertwig schon vor mehreren Dezennien feststellte, enthält der Nucleolus des Keimbläschens die für diesen Prozess bestimmte Chromatinsubstanz, und diese tritt aus dem berstenden und sich auflösenden Keimbläschen hinaus, um an die sich im Eikörper bildende Zentrosphäre die für das betreffende Tier charakteristische Anzahl von *Chromosomen* abzugeben. Durch die Biondifärbung färben sich diese Chromosomen eben bei ihrem

Austreten aus dem rot-*violetten* Nucleolus intensiv *grün* und legen sich dann um die bei der Teilung der Zentrosphäre entstehende Spindel. Dann gehen die beiden *Richtungskörper*-Teilungen vor sich, während welcher die Chromosomen ihre intensiv *grüne* Farbe behalten. In den beiden abgegebenen Richtungskörpern erhält sich diese Farbe, solange sie noch vorhanden sind. In dem sich im Eie bildenden *Eikern* dagegen verändert sich die grüne oder blaugrüne Färbung bald in eine *rote*, und der Kern zieht sich ins Innere des Eies hinein.

Wenn nun ein *Spermiekern* in das Ei hineintritt und sich an den Eikern anlegt, behält der Spermiekern seine intensiv *grüne Färbung bis zum Verschmelzen mit dem rot sich färbenden Eikern.* Nach diesem Verschmelzen verschwindet vollständig die grüne Färbung und der verschmolzene Kern behält die *rote* Färbbarkeit bis zur Teilungsphase. Dann tritt die intensiv *grüne* Färbbarkeit des Chromatins plötzlich von neuem auf, indem die ganz grünen Chromosomen diese Farbe bis zum Abschluss der Teilung behalten und erst nachher, indem sie in das Bläschenstadium übergehen, sich wieder nur *rot* färben lassen, um dann bei einem neuen Teilungsakt als *grüne* Chromosomen aufzutreten. Erst in den höheren *Blastula*stadien und im *Gastrula*stadium behalten die geteilten Kerne *fortwährend* die *grüne* Färbbarkeit, um nur bei neuen Teilungen diese Farbe noch intensiver darzubieten.

Ich habe die Rekapitulation dieser Vorgänge in den Eiern der Echinodermen hier gemacht, um sie mit den entsprechenden bei *Ascaris megalocephala* zu vergleichen. In den Eiern der Ascaris verlaufen nämlich diese Vorgänge, wie diejenigen des Befruchtungsprozesses, in etwas verschiedener Weise. Die *Chromatinkörner* der Fäden des Keimbläschens scheinen nämlich hier von den Ureiern an bis zum Stadium der Abgabe der Richtungskörper ihre Färbbarkeit für das *Methylgrüne* im Biondigemisch beinahe unverändert zu behalten; der *Nucleolus* färbt sich aber *dunkelrot* mit einer Nuance ins Violette. Erst nachdem die die grüne Farbe behaltenden Richtungskörper abgegeben, und die im Ei zurückgebliebenen Chromosomstäbchen in den sich bildenden *Eikern* eingetreten sind, *verändert sich allmählich die grüne Färbbarkeit* der letzteren in eine *rote*, indem sie zugleich in kleinere Stücke und Körner zerfallen. Ungefähr gleichzeitig verändert sich auch in dem in das Ei eingedrungenen Spermium die Färbbarkeit der bis dahin intensiv *grünen* Chromatinpartie des Spermiumkerns in eine *rote*, wobei auch hier diese Partie in kleinere Stücke und Körner zerfällt. Die sich aneinander legenden beiden Kerne, welche in diesem lange dauernden Stadium nur selten miteinander verschmelzen, behalten während desselben lange ihre rote Färbbarkeit, um schliesslich wieder in eine *blaugrüne* überzugehen; die Chromatinsubstanz sammelt sich hierbei auch wieder zu (blaugrünen) Chromosomstäbchen. Der Spermiekern und der Eikern verschmelzen, unter Auflösung ihrer Membranen, miteinander, und ihre beiden nun einander ganz ähnlichen, blaugrünen, langen Chromosomstäbchen oder Stränge legen sich an die neuentstandene Spindel, um sich der Länge nach zu teilen und in bekannter Weise mit je einem Teilstäbchen nach den beiden Zentrosomen der Spindel zu ziehen. Die bis dahin stark *blaugrünen* Chromosomstäbchen verändern nun von neuem, indem sie zugleich in kleine Stücke und Körner zerfallen, ihre Färbbarkeit, und eine solche ins *Rote* tritt immer stärker hervor; die aus den früheren Chromosomstäbchen der Tochterzellen zuerst zu rötlichen Bläschen und zuletzt zu je einem Kern mit rotem Chromatinnetz verwandelten beiden Kernpartien verändern dann von neuem ihre Färbbarkeit von der roten in eine *blaugrüne*, indem zugleich die Chromatinkörner zu neuen blaugrünen Stäbchen zusammentreten. Dann folgt die Teilung der Tochterzellen und so weiter fort, in ganz homologer Weise und mit entsprechenden Veränderungen der Färbbarkeit wie bei der ersten Teilung.

Wenn ich nun diese Befunde hinsichtlich der *Veränderungen in der Färbbarkeit der Chromatinsubstanz der Eier und Spermien von Ascaris megalocephala* in kurzen Worten zusammenzufassen versuche, so besteht sie darin, dass die im ganzen herrschende *grüne oder blaugrüne Färbbarkeit sich nur während je einer Periode vor und nach der Teilungsphasen der Kerne in eine rote verändert*, in welchen Perioden auch die Chromatinpartien, bzw. die Chromosomstäbchen, in Stücke und Körner zerfallen, um sich wieder zu (blaugrünen) Stäbchen zu vereinigen.

Vergleicht man dann diesen Prozess bei *Ascaris* mit dem bei den *Echinodermen* gefundenen, so fällt es sogleich auf, dass die Veränderungen von der *grünen* (blaugrünen) in die *rote* in allen Perioden vor und nach jedem Teilungsstadium bei beiden homolog und gleichartig sind. Die Verschiedenheiten liegen aber

1) *teils* in der *Vorbereitungsphase des Spermiekerns* bei *Ascaris*, indem bei diesem Tiere in der Regel dieser Kern und der Eikern viel später als bei anderen Tieren miteinander verschmelzen. Bei den *Echinodermen* legt sich, wie bei den meisten Tieren, der *grün* gefärbte Spermiekopf direkt an den schon fertigen, *rot* gefärbten Eikern und verschmilzt sofort mit ihm, um dabei auch die *rote* Farbe aufzunehmen,

2) *teils* in der *Vorbereitungsperiode des Keimbläschens des Eies in den Ovarien.* Bei der *Ascaris* behält die Chromatinsubstanz des Keimbläschens — ich lasse hier die Ureiperiode unberücksichtigt — während der ganzen

Ausbildungsperiode bis zu der Abgabe der Richtungskörper (der Reduktionsperiode) und noch etwas nach derselben die intensiv *grüne* Färbbarkeit. Bei den Echinodermen verlieren die Keimbläschen schon in einem sehr frühen Stadium diese Färbbarkeit und nehmen eine *rötlich violette* an, während sich der Nucleolus *violett* färbt und diese Färbbarkeit bis zur Abgabe der grünen Chromosomen an die Zentrosomen der ersten Richtungskörperspindel, also bis zur Reduktionsperiode, behält.

II. Die von mir hier oben kurz beschriebenen Verhältnisse in den Eiern anderer Tiere scheinen im ganzen mit denen der Echinodermen übereinzustimmen. Dass aber bei den verschiedenen Tieren eine Reihe von Variationen vorkommen dürfte, lässt sich bis auf weiteres annehmen; um dies sicher zu eruieren, müssen neue, eingehende Untersuchungen vorgenommen werden.

In einer Beziehung mögen die besonders von Schaxel bei mehreren niederen Metazoen gemachten Angaben und Befunde von einer *Chromatinemission* (Chromidienemission) aus dem Keimbläschen der Ovarialeier in den Eikörper hervorgehoben werden. Bei den *Ascidien* deuten in der Tat die Verhältnisse in hohem Grade auf eine solche Emission hin. Und bei den Teleostiern kommen, obwohl weniger prägnant, Andeutungen eines solchen Prozesses vor, welche zu weiteren Untersuchungen ermutigen.

III. Die Köpfe (die Kerne) der bisher studierten *Tierspermien* färben sich im Biondigemisch stets intensiv *grün*. Während ihrer Ausbildung in den Hoden, der Spermiogenese, geht indessen die Färbbarkeit ihrer Chromatinsubstanz eine Reihe von Veränderungen durch, welche derjenigen der Eier in mancher Beziehung ähnlich ist. Die Stärke der Färbungsnuancen scheint aber bei den einzelnen Klassen und Ordnungen verschieden zu sein. Als einen *Typus* in dieser Hinsicht wählte ich hier oben die Verhältnisse beim *Menschen* aus; es hat sich hierbei gezeigt, dass in menschlichen Hodenröhren, während der Spermiogenese, die in den Teilungsphasen begriffenen Zellen stets intensiv *grüne* Chromosomen darbieten; in den Stadien vor und nach den Teilungsphasen (also in den sog. Ruhestadien) färbt sich dagegen die Chromatinsubstanz der Kerne *violett* oder rötlich violett. Von besonderem Interesse ist es zu sehen, wie die Kerne der Spermiden (v. a. die der Praespermiden) stark violett gefärbt sind, um dann in ihrer weiteren Ausbildung immer mehr grünlich und grün, sowie zuletzt bei ihrer vollen Ausbildung zu Spermieköpfen, und zwar in ihrer hinteren dickeren Partie, intensiv *grün* zu werden und diese Farbe dann stets zu behalten; hier geht also, *gerade wie beim Teilungsprozesse*, die *violette* Farbe der Chromatinsubstanz in die stark *grüne* über; diese *grüne* Farbe bleibt aber dann bestehen.

Bei mehreren Tierarten, z. B. bei den Selachiern und Vögeln, tritt eine starke *grüne* Farbe nur in den eigentlichen *Mitosen* und in den *Köpfen der Spermien* auf, bei anderen, z. B. den Urodelen, bleibt sie dagegen während der Teilungsstadien länger bestehen.

IV. Die Kerne der ausgebildeten *Nervenzellen* färben sich im Biondigemisch nicht grün; ihre *Chromatinsubstanz wird rötlich* oder *rötlich-violett*, der *Nucleolus violett*. Die Kerne der *Neuroglia*zellen und der *Ependym*zellen scheinen sich noch im fertigen Zustande in der Regel *grün* zu färben. Im embryonalen Zustande färben sie sich als *Neuroblasten sämtlich grün*, und in sich *teilenden Zellen* dieser Art werden während der *Mitose* die *Chromosomen intensiv grün* gefärbt. Indem sich Neuroblasten zu echten Nervenzellen ausbilden, tritt immer mehr in ihren Kernen die grüne Farbe der Chromatinsubstanz zurück und eine *rötliche* oder *violette* nimmt bald überhand. Bei gewissen Tieren, v. a. den Urodelen, hält sich die grünliche Farbe auch hier etwas länger als bei den meisten anderen Vertebraten.

V. In den *Sinnesorganen* scheinen ziemlich wechselnde Verhältnisse der Färbbarkeit zu herrschen. In der *Retina* färben sich also stets die äusseren Körner intensiv grün, die inneren schwächer grün und die Kerne der eigentlichen Ganglienzellenschicht bald etwas grünlich oder bläulich, bald mehr violett oder rot, bald mit gemischten Farben der Chromatinkörner. Auf diesem Gebiete sind aber meine Studien noch nicht abgeschlossen. Auch in mehreren anderen Organen ist eine fortgesetzte Nachforschung nötig, um bestimmte Regeln nachweisen zu können.

VI. Nach dieser kurzgefassten Übersicht der Befunde komme ich dann zu der wichtigsten Frage zurück: *Was lässt sich aus diesen Befunden betreffs der chemischen und physikalischen Veränderungen in den Zellen und Organen schliessen?*

Aus den in dem Einleitungskapitel dieses Bandes hier oben angeführten Anschauungen von Mosse, Heidenhain u. a. liesse sich annehmen, dass die verschiedene Färbungsaffinität der betreffenden Kernsubstanzen in erster Linie eine wechselnde Reaktion auf den Säuregehalt anweise, indem die sich *grün* färbenden Substanzen *basophil* = *sauerer*, die sich *rot* färbenden *acidophil* = mehr *basischer* Reaktion seien; die sich *blau* und *violett* färbenden sind in solchem Falle als Mischungs- oder Mittelstufen dieser beiden Reaktionen zu betrachten.

Dann kommt nach der oben angeführten Darstellung von KOSSEL und seinen Schülern, LILIENFELD u. a., ebensowohl wie von PAPPENHEIM hinzu, dass es gewissermassen festgestellt ist, dass die *Nukleinsäure* (resp. die Nukleinsäuren) das *Methylgrün* intensiv aufnimmt, während die durch Spaltungen entstandenen Eiweissstoffe zu der roten *Säurefuchsin*farbe grosse Affinität haben. Aus dem Biondigemische nehmen sie also in solcher Weise die verschiedenen Farben auf.

»*Nukleohiston* färbt sich deutlich *grünblau*, mit Vorherrschung des *blauen* Tones, Nuklein färbt sich *blaugrün*, *Nukleinsäure intensiv grün*» (LILIENFELD).

Je mehr aber das *Eiweiss* überwiegt, um so mehr nimmt die Aufnahme der *roten* Farbe aus dem Biondigemisch überhand. Die Befunde von MALFATTI sind auch hierbei erläuternd. Es hat sich gezeigt, dass sich die *reine Nukleinsäure rein grün, phosphorärmere Nukleine bläulichviolett, bei grosser Phosphorarmut rein rot* färben. Dieses Resultat, betont HEIDENHAIN, ist sehr bemerkenswert, weil daraus hervorzugehen scheint, dass Nukleoproteide von hohem Eiweissgehalt unter Umständen eine rein rote Färbung annehmen werden. In dem *Basichromatin* hätte man nach ihm *phosphorreiche*, in dem *Oxychromatin* phosphorarme Nukleine vor sich. Und bei den Färbbarkeitsveränderungen in den Kernen während der Mitose könne man schliessen, dass der Phosphor »gleichsam auf vielem Eiweiss sitzend, in den Kern seinen Einzug hält» (HEIDENHAIN). Hiermit hänge auch zusammen, »dass Kerne, welche der Regel nach nicht mehr in Mitose eintreten, häufig arm an Basichromatin, reich an Oxychromatin sind», was in erster Linie die Kerne der Nervenzellen betreffe.

Ich habe hier diese wichtigen Sätze und Reflektionen wieder angeführt, weil sie im Lichte meiner eigenen, hier oben dargestellten Befunde in auffallender Weise erläutert und von ihnen gestützt werden.

Zwar muss man bis auf weiteres in den Schlussfolgerungen hinsichtlich der faktischen Bedeutung der Farbenreaktionen sehr vorsichtig sein. In dem unseren Untersuchungen zugänglichen toten Material sollen ja nach den übereinstimmenden Ansichten der Fachmänner nicht unbedeutende Veränderungen von dem lebenden Zustand eingetreten sein. »Es können nämlich», sagt z. B. HAMMARSTEN in seinem berühmten Lehrbuch der physiologischen Chemie, »beim Absterben der Zelle durch chemische Umsetzungsprozesse neue Stoffe entstehen und es können dabei auch physiologische Zellbestandteile verbraucht werden oder in die umgebende Flüssigkeit übertreten und dadurch für die Untersuchung verloren gehen.» Vor allem können ja Spaltungen der verschiedenen Eiweissstoffe entstehen. Die Hauptmasse der Proteinsubstanzen besteht ferner, wie HAMMARSTEN zuerst nachgewiesen hat, in der Tierzelle der Hauptmasse nach »nicht aus Eiweissstoffen im gewöhnlichen Sinne, sondern aus mehr zusammengesetzten phosphorhaltigen Stoffen», während die Globuline und Albumine wesentlich als Nährmaterial der Zelle oder als Zerfallsprodukte bei der chemischen Umwandlung des Protoplasmas aufzufassen sind. Auch protoplasmareiche Zellen enthalten in der Regel wenig echtes Eiweiss; neben Spuren von Albumin und ein wenig Globulin finden sich im Protoplasma hauptsächlich Nukleoalbumine und Proteide; die Proteide sind meistens Nukleoproteide, die sich von den Nukleoproteiden des Kernes dadurch unterscheiden, dass sie arm an Phosphor sind. Die Nukleoproteide der Kerne sind dagegen, wie KOSSEL und LILIENFELD gezeigt haben, reich an Phosphor und von stark saurem Charakter. Der Zellkern besteht aus einer homogenen Substanz (dem sog. Kernsaft), die man als ein Gemenge von Eiweissstoffen betrachtet und einem Netzwerk; dieses scheint die dem Kerne mehr spezifischen Bestandteile zu enthalten, nämlich die Nukleinsubstanzen, und ausserdem eine andere Substanz, das Plastin. »Als Hauptbestandteile des Zellkernes sind jedenfalls zu betrachten: die Nukleoproteide und in einzelnen Fällen die Nukleinsäuren.» (HAMMARSTEN)

Diese von chemischer Seite her gemachten Angaben sind hier zum Vergleiche mit den morphologischen Befunden angeführt worden.

Leider weiss man aber nicht, wie weit sich die Veränderungen der Zellbestandteile in *chemischer* Beziehung nach dem *Tode* erstrecken. Man kennt aber auch nicht, wie weit sich die *morphologischen* Veränderungen nach dem Tode schätzen lassen. Nach meinen eigenen Erfahrungen — und ich besitze nunmehr ziemlich grosse Reihen von solchen — hat man bei bester Fixierung (z. B. mit Carnoyschem Gemisch) von ganz lebendigen, aus den lebenden Tieren direkt in die Fixierflüssigkeit gebrachten kleinen Körperteilen im allgemeinen eine grosse Aussicht, die *normale* Struktur zur näheren Untersuchung aufzubewahren. Ich meine deshalb, dass man in solchen Fällen die Gefahr, namhafte *morphologische* Veränderungen und Umgestaltungen in der Struktur der Zellen und der Gewebe zu bekommen, allzu stark übertrieben hat. Meiner Erfahrung und Meinung nach bekommt man unter den angegebenen Bedingungen in den meisten Fällen ungefähr die *Struktur* zur Ansicht, welche die betreffenden Teile schon im lebenden Zustande hatten, obwohl sie in diesem leider so schwer wahrnehmbar sind. Vielleicht ist dies

auch hinsichtlich der *chemischen* Veränderungen und vor allem der Spaltungen der Stoffe der Fall — natürlich abgesehen von den chemischen Umsetzungen, welche die Fixierflüssigkeit direkt verursacht. Es kann dies zwar nur eine lose Vermutung sein, für die ich keine sicheren Gründe darzubringen vermag. Da ich aber in den Zellen, und vor allem in Kernen, bei verschiedenen guten Fixierungs- und bestimmten Färbungsmethoden nicht nur in denselben Arten von Organen, sondern auch in verschiedenen Organen und bei verschiedenen Tierarten in struktureller Hinsicht dieselben oder nur wenig differierende Ergebnisse bekomme, spricht ein solches Verhalten in hohem Grade für ein Vorhandensein von natürlichen gesetzlichen Vorgängen im Haushalt der Zellen und Organe, Vorgänge, die sich also noch in den fixierten Präparaten zeigen.

Als solche betrachte ich nun ganz besonders die oben beschriebenen, durch das Biondigemisch nachgewiesenen verschiedenen *Affinitäten zu den einzelnen Farben, und zwar vor allem in den verschiedenen Stadien und Phasen der Wirksamkeit der Zellen, der Ausbildung und Teilung derselben.* Nach allem, was ich gesehen habe, kann ich die Befunde nicht anders als von chemischen und physikalischen Veränderungen in der *Zelltätigkeit* herrührend deuten. Die fast konstante Veränderung der Färbbarkeit der ovarialen Eier, und ganz besonders die regelmässig fortlaufende Veränderung derselben während der Teilungsphasen, lassen sich schwerlich in anderer Weise erklären. Weil man nun durch die Ergebnisse der Untersuchungen der chemischen Fachmänner weiss, dass die stark phosphorhaltige Nukleinsäure der Zellkerne eine grosse Affinität zum *Methylgrün* besitzt, und dass die Chromosomen des Spindelstadiums der sich teilenden Zelle aus dem Biondigemisch diese *grüne* Farbe intensiv und ganz spezifisch aufnehmen, so lässt sich wohl daraus ohne Zwang schliessen, dass diese, die *Chromosomen*, ganz überwiegend aus *Nukleinsäure* bestehen. Und weil man ebenfalls konstant beobachten kann, dass in den Stadien vor und nach diesem Spindelstadium der Zellteilung die chromatische Substanz, welche in diesem Stadium zu den grünen Chromosomen zusammentritt, sich zu kleineren Körnern verteilt, welche eine *rötliche* oder *rötlich-violette* Farbe angenommen haben, so lässt sich dies kaum anders erklären als durch eine chemische Veränderung der Chromatinsubstanz, die schon im Leben der Zellen geschehen ist. Und weil man durch die Befunde der Chemiker erfahren hat, dass dies auf einer Vermehrung der *Eiweissstoffe* und relativen Verminderung des *Phosphors* beruhe, so liegt es ja besonders nahe, diese Veränderung der Zellen in eine solche Zelltätigkeit zu verlegen. In ähnlicher Weise lassen sich die Veränderungen der Färbbarkeit bei der Ausbildung der *Eier in den Ovarien* sowie der *Nervenzellen* erklären. Es besteht aber zwischen diesen beiden grossen Zellgruppen eine auffallende Differenz. Während die letztere Gruppe, die der Nervenzellen, nach der Ausbildung aus dem Neuroblaststadium die Möglichkeit zur weiteren mitotischen Teilung normal gänzlich zu verlieren scheint, behält die Gruppe der Eier in hohem Grade dies ihr Proliferationsvermögen, obwohl es erst nach ihrer Abgabe aus den Ovarien von neuem hervortritt, und zwar in der Regel nur durch den Befruchtungsakt, aber doch in verschiedenen Fällen auch infolge einer parthenogenetisch wirkenden Reizung.

Ich will diesmal nicht weiter auf eine Diskussion über die fraglichen interessanten und verlockenden Probleme eingehen. Aus dem obigen geht aber hervor, dass ich in mancher Hinsicht zu ähnlichen Schlüssen und Reflexionen gelangt bin, wie sie M. Heidenhain mehr oder weniger bestimmt angedeutet und ausgesprochen hat. Dass wir uns in diesen wichtigen Fragen noch reserviert ausdrücken, ist ja richtig und natürlich. Ich konnte aber, nachdem ich, schon ehe ich die betreffenden Äusserungen Heidenhain's bemerkt, die verschiedenen Prozesse in grosser Umfassung studiert hatte, nicht umhin, eine recht bestimmte Überzeugung zu gewinnen, dass hier *gesetzmässige* Veränderungen in der Tätigkeit der Zellen vorliegen, welche die verschiedenen Farbenreaktionen *gesetzmässig* angeben.

13.

RÜCKBLICK

auf einige in den Untersuchungen hinsichtlich des Problems der Protoplasmastruktur gemachte Befunde.

In mehreren der in diesem Bande der Biolog. Untersuchungen veröffentlichten Abhandlungen habe ich die Frage von der feineren Struktur des Zellprotoplasmas mehr oder weniger eingehend besprochen. Es sind besonders zwei verschiedene Zellobjekte, welche dabei in Betracht kamen: *Eizellen* und *Nervenzellen.* Ich werde nun versuchen, die wichtigeren dieser Befunde übersichtlich zusammenzustellen.

Was die *Eizellen* betrifft, wurde schon im vorigen (XV.) Bande diese Frage bei verschiedenen Repräsentanten des Tierreichs, und zwar sowohl von Wirbellosen als Wirbeltieren, behandelt. Dabei wurden die dafür nötigen literarischen Angaben angeführt. Auf den Seiten 48—51 desselben Bandes sind in einem Rückblick die Ergebnisse zusammengestellt.

In dem jetzt vorliegenden (XVI.) Bande sind die Resultate von Untersuchungen bei einer Anzahl anderer Tiere hinsichtlich der Struktur der Eier veröffentlicht, nämlich v. a. der Eier von *Ascaris megalocephala, Ascidia intestinalis* und *Gobius niger*, sowie von mehreren anderen Wirbellosen und Wirbeltieren. In den Rückblicken am Ende der betreffenden Abteilungen sind z. T. die Befunde schon übersichtlich zusammengestellt. So z. B. über die Struktur der Eier von Ascaris hier oben S. 40.

Betreffs der *Nervenzellen* sind die gewonnenen Resultate in einer besonderen Abteilung (Nr. 8, hier oben) dargestellt.

Es bleibt mir also hier nur übrig, in einigen kürzeren Momenten die Hauptergebnisse zusammenzufassen. Ich will aber im voraus bemerken, dass ich versucht habe, auf diesem Gebiete keine neuen Bezeichnungen einzuführen, sondern, soweit dies möglich ist, die Termini technici, die schon von anderen Fachmännern auf dem Gebiet der Zellehre gegeben und allgemein benutzt sind, zu behalten und möglichst der Priorität derselben gerecht zu werden. Weil meine eigenen Befunde mit den Anschauungen des scharf beurteilenden Zytologen Flemming, welche mit seinen Bezeichnungen schon vor beinahe vier Jahrzehnten veröffentlicht wurden, wesentlich übereinstimmen, habe ich in erster Linie diese seine Bezeichnungen benutzt, obwohl, wie dies natürlich ist, seine Auffassungen der so schwierigen Verhältnisse nunmehr zuweilen etwas schwankend erscheinen können. Im ganzen genommen bin ich ja zu der Ansicht gelangt, dass W. Flemming, besonders vom Jahre 1882, Ed. van Beneden, vom Jahre 1883, und W. His, vom Jahre 1899 an, bei verschiedenem Eimaterial schon zu den der Wahrheit am nächsten stehenden Anschauungen gekommen sind. Ich habe deshalb auch hier, wie in dem vorigen Bande, Flemming's Bezeichnungen *Mitom* (oder *Fila)* und *Paramitom (Interfilarsubstanz)* adoptiert und benutzt. Weil aber Flemming den an seinem Mitom vorkommenden *Körnchen* keinen besonderen Namen gegeben hat, habe ich aus den Bezeichnungen Van Beneden's für diese Körnchen die Benennung *Mikrosomen* gebraucht, obwohl zugegeben werden muss, dass er in seiner Auffassung ihrer Natur etwas unklar war; offenbar hatte er diese Gebilde wahrgenommen und beschrieben, aber er wusste nicht, ob diese körnchenartigen Bildungen vielleicht nur »Knotenpunkte» eines »faserigen Netzwerks» seien.

Ich habe hier diese Besprechung der Bezeichnungen der eigentlichen Darstellung des Gegenstandes vorausgehen lassen, teils weil ich den Versuch, die Frage von den betreffenden Bezeichnungen in rechte Bahnen zu führen, von nicht untergeordneter Bedeutung halte, teils weil ich zu erklären wünsche, weshalb ich die alten

Flemming-Van Beneden'schen Bezeichnungen und nicht die modernen Namen *Mitochondrien — Chondriokonten — Plastokonten — Plastochondrien — Chondriosomen — Plastosomen* hier benutze.

1. Was nun die *Struktur des Protoplasmas* betrifft, so habe ich schon im XV. Bande dieser Biol. Unters. (1910) meine Befunde in den Eiern der *Echinodermen und mehrerer anderer Tiere* beschrieben und eine Anzahl bildlicher Darstellungen veröffentlicht. In wesentlicher Übereinstimmung mit der zwar ganz kurzgefassten Schilderung Flemming's (1882) von dem Protoplasma der *unreifen* ovarialen Eier der *Echinodermen,* in welchen er einen *Faden*bau gefunden hatte, obwohl er nicht entscheiden konnte, ob ein *netz*förmiger Zusammenhang unter den Fäden besteht, — am *reiferen* Ei hindern nach ihm die Dotterkörner die Wahrnehmung zu sehr — konnte ich in ausserordentlich scharfer Weise sehen und feststellen, *erstens* dass in den jungen *unreifen* Eiern das Protoplasma aus einer hyalinen, scheinbar unstrukturierten Substanz, dem *Paramitom* (oder der *Interfilarsubstanz)* Flemming's, und einem diese Substanz durchflechtenden feinen Fadengerüst, in dem eine Menge feiner Körner in moniliformer Anordnung aufgehängt sind, dem *Mitom* (*Fila*) Flemming's, besteht. Dieses Fadengerüst stellt nach meiner Auffassung *kein Netzwerk,* sondern ein *Geflecht* von hier und da dichotomisch verästelten Fäden dar. Wenn nun in den Eiern die Dotterkörner sich absetzen, geschieht dies zwischen den Fäden dieses Protoplasmagerüstes, und zwar in der Weise, dass sie sich zu langen, windenden Strängen ansammeln, welche von dem Fadengeflecht umsponnen sind und zwischen sich mehr oder weniger breite Paramitomräume offen lassen. In dieser Weise sind auch die reifen Eier gebaut. Die bei und nach der Befruchtung in den Eiern entstehenden *Strahlungen* sind dadurch charakterisiert, dass die sonst gewundenen Fäden sich mehr oder weniger gerade ausstrecken und sich sonnenstrahlenförmig um ein Zentrum anordnen, eine Zentrosphäre bilden. An der Oberfläche des Eies entsteht gewöhnlich eine dünne Verdichtungsschicht des Protoplasmas.

2. Diesen Grundtypus des Protoplasmas fand ich ferner in einer Reihe von Eiern anderer Tiere wieder, indem zwar eine verschiedene Dichtigkeit des Fädengerüsts und der Dotterstränge vorkommt, überall aber zwei morphologisch geschiedene Substanzen, das Mitom und das Paramitom, nachzuweisen sind.

3. Durch die hier oben in diesem Bande veröffentlichten neuen Untersuchungen habe ich nicht nur die eben referierten Ergebnisse vollständig bestätigen können, sondern sie *bei einer Anzahl anderer Tierformen wiedergefunden.* Überall, wo die Struktur des Protoplasmas nicht durch eine zu grosse Menge des Dotters ganz undeutlich gemacht wird, fand ich *denselben Grundtypus* ausgeprägt; aber auch in sehr dotterreichen Eiern, wie in denen der Urodelen (Molge), liess sich dieser Typus darlegen. Das Fadenwerk kann mehr oder weniger dicht sein; überall stellt es aber ein *Geflecht gekörnter Fäden,* ein *echtes Mitom,* dar, welches im reiferen Ei die Dotterkörner umspinnt.

4. In den Eiern des Teleostiers *Gobius niger* fand ich eine Art von Protoplasma, welche in wunderbarer Klarheit die morphologische Struktur derselben darbietet. Indem es, wie bei den Knochenfischen gewöhnlich, beim Überführen ins Wasser sich von dem reichen Dotter abtrennt und sich an einer Seite des Eies hügelartig zu einer dicken Keimscheibe ansammelt, bildet es, wie dies bei den Salmoniden und anderen Knochenfischen schon lange bekannt ist, eine fast ganz reine, dicke Schicht, welche sich sehr schön fixieren und färben lässt. Bei geeigneter Differenzierung der mit Eisenhämatoxylin gefärbten dünnen Schnitte lässt sich in wundervoller Schönheit das Fadenwerk des Mitoms in weiter Ausdehnung verfolgen, und zwar sowohl in dem *geflechtartigen* Zustande als in den *Strahlungen,* welche bei den Teilungsakten der Blastomeren entstehen. Schöner und überzeugender kann man wohl kaum die Protoplasmastruktur studieren und feststellen, als in solchen Eiern. Offenbar hat His in den Forelleneiern diese Art von Bildern vor sich gehabt, obwohl man in den von ihm veröffentlichten, nach Photographien der Präparate reproduzierten Abbildungen die Klarheit der Struktur nicht wiederfindet. Die von ihm gegebene Schilderung der Struktur dieses Protoplasmas zeigt indessen, dass er in die Erkenntnis derselben tief eingedrungen ist und sie richtig aufgefasst hat.

5. Eine *schaumartige* oder *wabige* Struktur des Eiprotoplasmas, wie sie noch hin und wieder in den neueren Arbeiten gedeutet, geschildert oder nur erwähnt wird, habe ich *in keinen Eiern* gesehen. In den Eiern von Gobius niger ist eine solche (in gut fixiertem Material) *absolut* ausgeschlossen.

6. In den Eiern von *Ascaris megalocephala* fand ich, in Übereinstimmung mit der Darstellung von Van Beneden sowie auch von Carnoy, im Protoplasma ein *feines Fadenwerk* mit moniliform in demselben eingeschlossenen Körnern (Mikrosomen). Im Gegensatz zu ihnen fand ich es *nicht netzförmig (retikulär),* mit den Körnern als Knotenpunkten des Netzwerks, sondern als ein *Geflecht* von dichotomisch verästelten Fäden, in denen die Körner eingeschlossen und aufgehängt sind. Diese Fäden laufen in einer hyalinen Grundsubstanz, welche offenbar dem *Para-*

mitom entspricht und übrigens rundliche oder ovale Vakuolen enthält, in denen eine andere helle Substanz gelegen ist. Bei der *Zytolyse* der Eier trennen sich diese Substanzen mehr oder weniger voneinander, wonach man das Fadengeflecht ausserordentlich deutlich wahrnimmt.

7. In den Eiern von *Ascidia intestinalis* (Ciona canina O. F. Müller), in denen auch das geflechtartige Fadenwerk des Mitoms, sowie die Paramitomsubstanz deutlich hervortreten, bemerkt man an den Ovarialeiern in einer gewissen Periode die oben besprochene Ansammlung einer anderen Substanz, welche in den Biondipräparaten noch bestimmter erscheint, und die auf eine Chromidienemission im Sinne Schaxel's hindeutet. Auch in den Gobiuseiern kommen Andeutungen zu einem solchen Prozesse vor.

8. Was dann die Frage von dem *Protoplasma in den Nervenzellen* betrifft (s. oben Abteil. Nr. 8), so lässt sich in den jüngeren Zellen während ihrer Ausbildung hier und da ein deutliches, feines, gewundenes, gekörntes Fadenwerk nachweisen, welches in einer hellen Substanz eingeschlossen liegt. Aber auch in den voll ausgebildeten Nervenzellen (motorischen Rückenmarkszellen, Cerebrospinalganglienzellen, Purkinjezellen) sind solche gekörnte Fäden vorhanden, welche in der hellen Grundsubstanz, zwischen den Nisslkörnerschollen und den Neurofibrillenzügen, in verschiedenen Richtungen, bald mehr gewunden, bald mehr gerade verlaufen, mehr selten aber eigentlich reichlich vorkommen. Diese Fäden, welche nicht netz-, sondern geflechtartig angeordnet und hier und da dichotomisch verästelt sind, entsprechen deutlich dem Mitom von Flemming und sind offenbar von ihm schon längst wahrgenommen und geschildert. Aber auch in den Axenzylindern sind, teils schon in dem Abgangskegel, teils in ihrem späteren Verlaufe, solche gekörnte Fäden, und zwar gewöhnlich in ziemlich gestrecktem Verlaufe, nachweisbar; sie sind sicherlich zwischen den Neurofibrillenbündeln gelegen und folgen grösstenteils ihrem Verlaufe.

9. Was nun aber die hochwichtige Frage von der Bedeutung und der Aufgabe des morphologisch wahrnehmbaren Fadengeflechts im Protoplasma, des Mitoms, sowohl als der hyalinen Grundsubstanz, in welchem das Fadengeflecht eingeschlossen liegt, des Paramitoms, betrifft, so haben uns leider weder die Biologen, noch die Chemiker bisher die Rätsel enthüllen können. Die Chemie lehrt uns, dass das Protoplasma nebst viel Wasser ihrer Hauptmasse nach im übrigen aus Proteinsubstanzen, aus Kolloiden, besteht und in der lebenden Zelle gegen Lackmus alkalische Reaktion zeigt, sowie ferner, dass die fraglichen Proteinsubstanzen aus einer ganzen Reihe von Eiweissstoffen bestehen, aber »nicht aus Eiweissstoffen im gewöhnlichen Sinne, sondern aus mehr zusammengesetzten phosphorhaltigen Stoffen» (Hammarsten). Während der Zelltätigkeit gehen auch Umsetzungen vor sich.

Welche Stoffe sich aber in dem Mitom und in dem Paramitom finden, ist uns bis auf weiteres unbekannt; aller Wahrscheinlichkeit nach können sie auch in verschiedenen Zellarten und unter verschiedenen Zuständen der Zellen wechseln. Die michrochemischen Methoden, vor allem die Färbungsmethoden, möchten uns in diesen Beziehungen doch etwas leiten können; bisjetzt ist aber dies nicht, oder nur in geringem Masse gelungen. Falls es z. B. möglich wäre, nachzuweisen, dass im Protoplasma die Körnchen des Mitoms, die Mikrosomen, als Regel Chromatin enthalten, hätte man doch wenigstens einen Hinweis, aber nicht viel mehr. Denn, was ist *Chromatin?* Es ist ja eigentlich nur ein morphologischer, nicht ein echt chemischer Begriff. Wir wissen, dass sich in den Kernen »Chromatin» findet, welches sich mit gewissen färbenden Substanzen tingiert, sowie dass sich auch gewisse chemische Stoffe mittelst gewisser Färbungsmethoden nachweisen lassen. Hier oben ist aber eingehend dargelegt worden, dass diese Färbungsreaktionen gerade in den Kernen bei verschiedenen Zuständen in der Wirksamkeit der Zellen in besonderer, meistens sogar konstanter Weise wechseln. Die Chromatinsubstanz der Kerne zeigt also, wie schon M. Heidenhain gefunden hat, in ihren Chromosomen während der Teilungsstadien konstant Reaktion auf Nuklein (resp. Nukleinsäure); in den Phasen vor und nach denselben, in den Ruhephasen, aber nicht, indem hierbei Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung vorsichzugehen scheinen. Das »Chromatin» verändert sich oder »maskiert» sich während dieser Stadien. Im Protoplasma hat man solche »Veränderungen» nicht, oder nur wenig entdecken können. Indessen weisen die von mehreren Forschern in den Ascidieneiern gemachten Befunde von basophilen Stoffen im Protoplasma auf die Möglichkeit hin, auch in diesem durch Färbungen eine gewisse Art von »chemischer Analyse» auszuführen. Und die Chromidienemission Schaxel's in diesen Eiern scheint diese Frage noch ein Stück weiter führen zu können. In dieser Richtung wird hoffentlich bald weiter gearbeitet werden.

Tafel I.

Der Reifungsprozess der Eier bei den Asteriden.

(Asterias rubens L.). Mittelst der Biondifärbung untersucht.

Fig. 1. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Ovariumeies, welches 15 Minuten frei mit Meerwasser behandelt war. Das Keimbläschen ist am oberen Umfang geschrumpft; und nach oben von ihm sieht man im rotgefärbten Protoplasma eine grössere helle Substanz, welche wahrscheinlich aus dem Keimbläschen ausgetreten ist. Die gekörnten Chromatinstränge des Keimbläschens sind rötlich violett; der noch ziemlich kugelige Nucleolus ist dunkel blauviolett und zeigt nur schwach sichtbare hellere Flecken.

Fig. 2. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Ovariumeies, welches 15 Minuten frei mit Meerwasser behandelt war. Hier ist das Keimbläschen noch etwas mehr geschrumpft, und die helle Substanz im Eikörper ist noch umfassender als in Fig. 1. Das Keimbläschen zeigt eine unregelmässige, buckelige Gestalt und eine rötlich violette Grundsubstanz, in welcher dunkel blauviolette Kugeln sichtbar sind.

Fig. 3. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Ovariumeies, welches 22 Minuten frei mit Meerwasser behandelt war. Das Keimbläschen ist noch viel mehr geschrumpft als in Fig. 1 und 2, und seine Membran ist zum grossen Teil aufgelöst. Der buckelige, geschrumpfte Nucleolus, welcher im dünnen Schnittpräparate nicht vollständig vorhanden war, zeigt in seiner Substanz zwei verschiedene Partien, eine hellere rötliche Grundsubstanz und in diese eingeschlossen eine zackige, blauviolette Masse.

Fig. 4. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Ovariumeies, welches 30 Minuten frei mit Meerwasser behandelt war. Unten sieht man eine kleine Partie des Keimbläschens, dessen Membran vollständig aufgelöst ist, weshalb das violettrötliche, gekörnte Chromatinfadengeflecht oben ohne Grenze mit dem rötlich gefärbten Mitom des Zellprotoplasmas zusammenstösst. Von einem hellen Raum umgeben, liegt hier der länglich ausgezogene, an zwei Stellen eingekniffene Nucleolus; er zeigt in seiner violett-rötlichen Grundsubstanz eine Anzahl tiefblauer Kugeln, und oben-links von ihm findet sich eine Strahlung, an welcher sieben elliptische, grüne Chromosomen liegen. Nach oben davon bemerkt man das rote kugelige Zentrosom, von der Strahlung umgeben. Am Rande des Eies (oben) erkennt man eine Zelle der Hülle, mit ovalem, grüngefärbtem Kern.

Fig. 5. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Ovariumeies, welches, wie das in Fig. 4 abgebildete Ei, während 30 Minuten frei mit Meerwasser behandelt war. Wie in Fig. 4 sieht man hier unten das rotviolett gefärbte, gekörnte Geflecht des Keimbläschens, dessen Membran aufgelöst ist, und die in zwei (von hellen Räumen umgebene) Stücke geteilte Substanz des Nucleolus mit dunkelblauen Kugeln in einer violett rötlichen Grundsubstanz, sowie nach oben davon die Zentrosphäre mit sechs stark grünen Chromosomen, die aus dem Nucleolus ausgetreten sind.

Fig. 6. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines ebenfalls 30 Minuten frei im Meerwasser gelegenen Ovariumeies mit (unten) einem Teil des gekörnten Fadengeflechtes des Keimbläschens, dessen Kernmembran aufgelöst ist, und nach oben davon den auf sechs birnförmige, mit dunkelblauen Kugeln in einer rötlichen Grundsubstanz versehene und von einem hellen Raum umgebene Stücke geteilten Nucleolus. An den zugespitzten, halsartigen oberen Enden dieser Nucleolusstücke liegen elliptisch geformte grüne Chromosomen, welche in die nach oben davon befindliche Zentrosphäre eingetreten sind.

Fig. 7. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines während 45 Minuten frei im Meerwasser gelegenen Ovariumeies. Unten sieht man eine kleine Partie von dem rotviolett gefärbten Fadengeflecht des Keimbläschens, dessen Kernmembran aufgelöst ist; in demselben ist eine grössere, helle, unstrukturierte Partie, in welchem der unregelmässig kugelige Nucleolus frei liegt; in ihm bemerkt man zehn dunkelblaue Kugeln in einer violett-rötlichen Grundsubstanz; und an seinem oberen Teil befindet sich ein elliptischer grüner Körper, welcher offenbar von ihm ausgetreten ist, ein Chromosom, welches den schon weiter nach oben angelangten, zwischen den Strahlungsfasern des noch höher oben befindlichen Zentrosoms gelagerten Chromosomen ganz ähnlich ist.

Fig. 8. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Ovariumeies, welches 55 Minuten frei mit Meerwasser behandelt war. Der in einem hellen Raum befindliche birnförmige, dunkelblaue Kugeln enthaltende Nucleolus richtet einen Zipfel nach oben hin gegen das schon geteilte Zentrosom, dessen beide Tochterzentrosomen durch eine sich eben anlegende Spindel vereinigt sind; in den beiden Strahlungssonnen befinden sich schon je drei und fünf fertige grüne Chromosomen.

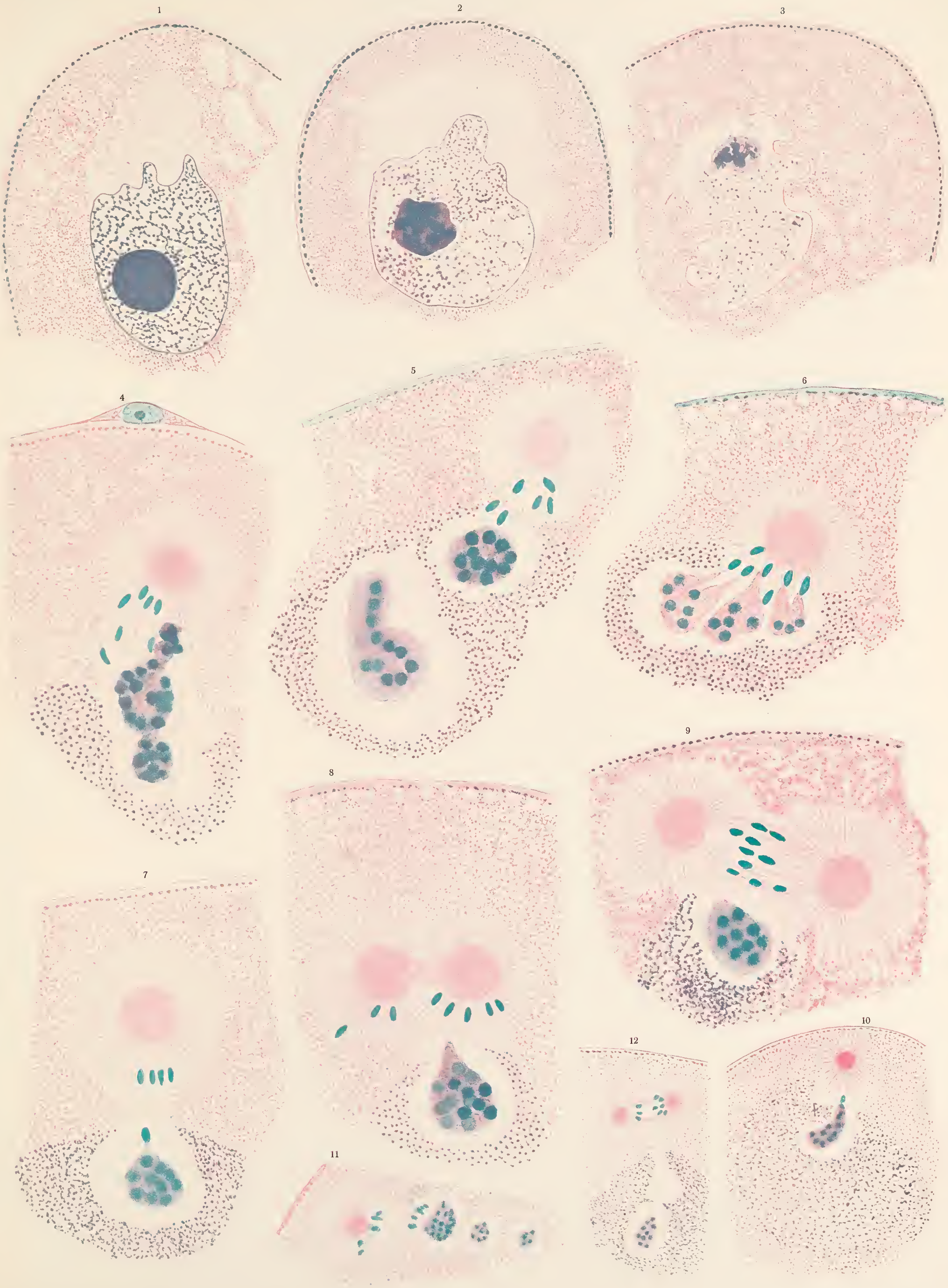
Fig. 9. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Ovariumeies, welches ebenfalls während 55 Minuten frei mit Meerwasser behandelt war. Man bemerkt auch hier unten eine Partie des sich auflösenden Keimbläschens, ohne Kernmembran, aber mit rot-violettem gekörntem Fasergeflecht und nach oben davon den Nucleolus mit acht sichtbaren dunkelblauen Kugeln in einer violett-rötlichen Grundsubstanz. Nach oben davon sieht man im Eiprotoplasma eine zwischen zwei Zentrosphären ausgebildete Spindel mit ihr anliegenden zehn grünen Chromosomen.

Fig. 10—12 stellen, in geringerer Vergrösserung als in den Fig. 6—9, drei Randpartien von Vertikalschnitten von Ovariumeiern dar, welche frei im Meerwasser lagen, und zwar die Eier der Fig. 10 und 11 etwa 30—35 Min., das Ei von Fig. 12 etwa sechsig Min. In der *Fig. 10* sieht man den ganzen Umfang des Keimbläschens, dessen Kernmembran schon vollständig aufgelöst ist; man erkennt es aber an der teilweise violetten Farbe des gekörnten Fasergeflechtes; ringsum diese Partie stösst das nur rotfaserige Protoplasma des Eies an. In einem hellen, unstrukturierten Raume liegt der schief birnförmige Nucleolus mit den dunkelblauen Kugeln in die violettrötliche Grundsubstanz eingeschlossen; an seiner oberen Spitze sitzt ein ausgeschlüpftes, grünes Chromosom auf dem Wege zu der im Protoplasma entstandenen Zentrosphäre. — *Fig. 11* zeigt den Nucleolus in drei ganz getrennte und voneinander gezogene Stücke geteilt, und zwar alle drei mit dunkelblauen Kugeln versehen. Aber nur von dem der Zentrosphäre zunächst gelegenen Nucleolus-Stück sieht man grüne Chromosomen ausgeschlüpft, von denen einige noch in der Nähe des Stückes liegen; einige andere befinden sich schon in der Strahlung. — *Fig 12* zeigt eine schon gebildete Spindel mit ihren zwei Zentrosphären an den Enden und mit einer Anzahl von grünen Chromosomen. Der Nucleolus mit den eingeschlossenen blauen Kugeln liegt hier weit von der Spindel entfernt, in einem der hellen Räume des sich auflösenden Keimbläschens.

Alle die Figuren dieser Tafel sind nach dünnen mikrotomierten Schnitten von Eiern ausgeführt, welche im Pikrinessigsäuregemisch fixiert waren. Die Schnitte waren mit dem Biondigemisch gefärbt.

Die Fig. 1—9 sind in dreimaliger linearer Vergrösserung des Bildes dargestellt, welches bei Zeiss' Apochrom. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 geliefert wird. Die Fig. 10—12 sind ohne eine solche dreimalige lineare Vergröss. dieses Bildes wiedergegeben.

TAF. I.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel II.

Der Reifungsprozess der Eier bei den Asteriden.

(Asterias rubens L.). Mittelst der Biondifärbung untersucht.

Fig. 1. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Eies mit der Teilungsspindel des ersten Richtungskörpers und den an der Mitte derselben gelegenen Chromosomen, welche durch das Biondigemisch intensiv grün gefärbt sind.

Fig. 2. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Eies, von welchem der erste Richtungskörper schon abgegeben ist; dieser liegt als ein ovales Gebilde, mit grünen Chromosomen im Inneren, an der Aussenfläche des Eies; die zweite Richtungskörperspindel findet sich in der Oberflächenschicht des Eies; an dem Äquator dieser Spindel sind die intensiv grünen Chromosomen angeordnet.

Fig. 3. Randpartie eines Vertikalschnitts von einem Eie, an dessen Obefläche die beiden abgegebenen Richtungskörper innerhalb der äusseren dünnen Hülle liegen; in beiden sieht man die innere dicke Hülle und die grünen Chromosomen. Im Eie sind keine grüne Chromosomen mehr sichtbar, weil sie sich schon zu roten Bläschen mit je einem roten Nucleolus umgewandelt haben; um diese Gruppe von Bläschen bemerkt man noch eine, obwohl schwache, Strahlung.

Fig. 4. Eine ähnliche Randpartie wie in Fig. 3 mit den beiden, an der Eioberfläche liegenden, grüne Chromosomen enthaltenden Richtungskörpern und im Ei zwei aus den Chromosomen des sich bildenden Eikerns entstandenen roten Bläschen mit je einem roten Nucleolus und mit roten Chromatinsträngen.

Fig. 5. Eine ähnliche Randpartie, wie in Fig. 3 und 4, mit den an der Oberfläche des Eies befindlichen, grüne Chromosomen enthaltenden Richtungskörpern; im Ei sieht man den noch aus zwei grossen, aus dessen Chromosomen entstandenen Bläschen bestehenden Eikern; in jedem der beiden roten Bläschen finden sich ein grosser roter Nucleolus und einzelne rote Kernstränge.

Fig. 6. Eine Partie aus einem ähnlichen Stadium der Eientwicklung, mit dem aus zwei schon teilweise vereinigten und zusammenfliessenden, je einen roten Nucleolus enthaltenden Bläschen bestehenden Eikern.

Fig. 7. Ein schon fertig gebildeter Eikern mit grossem, rotem Nucleolus und roten, gekörnten Strängen. An der Oberfläche des Eies liegen die beiden Richtungskörper mit ihren grünen Chromosomen.

Fig. 8. Ein fertiger Eikern mit grossem, rotem Nucleolus und roten, gekörnten Chromatinsträngen. Ringsum finden sich einige, von rotgefärbten Fäserchen des Mitoms umsponnene Dotterstränge.

Fig. 9 und **Fig. 10.** In Auflösung weit geratene Keimbläschen zweier während $3^1/_2$ Stunden mit Meerwasser behandelter Eier, deren Nukleolen ihre Chromosomen nicht zu Zentrosphären abgegeben haben. In abnormer Weise sind die Nukleolen ganz in ihren Keimbläschen geblieben; ihre Chromosomen haben sich doch grösstenteils zu grünen Körpern ausgebildet, die noch in der rötlich gefärbten Grundsubstanz geblieben sind. Die Nukleolen liegen ziemlich in der Mitte des violett-rötlichen Fadengeflechts der Keimbläschen. Ausserhalb des letztgenannten Geflechts sieht man die anstossenden Dotterstränge des Eiprotoplasmas.

Fig. 11. Ein ebensolches Keimbläschen, welches in abnormer Weise die Chromosomen behalten hat, wobei diese eine stark grüne Färbbarkeit bekommen haben.

Fig. 12. Diese Figur gehört zu derselben Serie, wie die der Taf. I und stellt die normale Entwicklung des Keimbläschens dar, nachdem das Ei 50 Min. frei mit Meerwasser behandelt war. Ringsum die Zentrosphäre finden sich in der Strahlung neun grüne Chromosomen. Der Rest des Nucleolus liegt tiefer im Ei in zwei getrennte, von je einem grossen hellen Raum umgebene, Stücke geteilt, in denen eine Anzahl blauer Kugeln sichtbar sind.

Fig. 13—18. Nukleolen von Eiern, welche eine verschieden lange Zeit in Meerwasser gelegen und eine verschiedene Entwicklung erfahren haben. Fig. 13 rührt von einem Ei her, welches im Meerwasser 15 Min., Fig. 14, 15, 16, 17 und 18 von Eiern, die während 25 Min. im Meerwasser lagen.

Fig. 19 und **20** stellen abnorme Spindelbildungen mit je drei Zentrosphären dar; in allen sind die vorhandenen Chromosomen grün gefärbt.

Alle die Figuren dieser Tafel sind mit Pikrinessigsäure fixiert und mit Biondischem Gemische gefärbt.

Die Fig. 1—11 und 13—18 sind in dreimaliger linearer Vergrösserung des Bildes, welches Zeiss' Apochr. 2 mm. Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 geben, abgebildet. Die übrigen Fig. sind ohne solche dreimalige lineare Vergrösserung ausgeführt.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel III.

Der Reifungsprozess und die ersten Stadien der Entwicklung der Eier der Asteriden.

(Asterias rubens L.). Mittelst der Hämatoxylinfärbung untersucht.

Fig. 1—3. Randpartien von Vertikalschnitten von Ovariumeiern, welche während 30—55 Minuten frei im Meerwasser lagen. Diese Bilder, welche mit den von Oscar Hertwig (vom J. 1878) und von M. Hartmann (von J. 1902) prinzipiell nahe übereinstimmen, zeigen den aus dem sich auflösenden Kernbläschen (der mit gekörnten Fasern durchsponnenen grauen Partie) nach oben hin sich mehr oder weniger halsartig ausstreckenden, schwarz gefärbten Nucleolus, in einem hellen Raume gelegen, und nach oben von ihm das rotgefärbte Protoplasma des Eileibes mit einer Zentrosphäre (Fig. 1), oder mit zwei solchen, und einer zwischen ihnen befindlichen Spindel (Fig. 2 und 3). Sowohl an der einfachen Zentrosphäre (Fig. 1), wie an der Spindel (Fig. 2 und 3), sieht man kleine schwarze Körperchen verschiedener Grösse, welche Chromosomen darstellen und aus den Nukleolen ausgetreten sind. Wenn man nun diese Bilder mit den in den Figuren der Taf. I vergleicht, so findet man diese letzteren, mit der Biondifärbung gewonnenen auffallend schöner und erläuternder. In den Hämatoxylinpräparaten zeigen sowohl die Nukleolen selbst als die Chromosomen stets nur eine schwärzliche Farbe und wirken als Silhouettebilder.

Fig. 4. Randpartie eines Vertikalschitts von einem Eie mit dem schon abgegebenen ersten Richtungskörper und der zweiten Richtungskörperspindel, deren Chromosomen noch am Äquator liegen. In dem ersten Richtungskörper sind nach innen von der dicken Hülle nur kleine, von Fäden verbundene Körner sichtbar. Ringsum die beiden Zentrosphären, von denen die peripherische des gedrängten Raumes wegen eigentümlich abgeplattet ist, erkennt man die schon im vorigen Bande dieser Serie abgebildeten, von verästelten, mit Körnern besetzten Fäden (des Mitoms) umsponnenen, gewundenen, rotgefärbten Dotterkörnerstränge mit den hellen Paramitomräumen zwischen ihnen. Die Dotterstränge mit dem Fadengeflecht sind auch in den Fig. 1—3 dieser Tafel mehr oder weniger deutlich hervortretend.

Fig. 5 Randpartie eines Vertikalschnittes von einem Eie mit dem abgegebenen ersten Richtungskörper innerhalb der äusseren dünnen Hülle und dem Chromatinfasergeflecht der schon aufgelösten Chromosomen in einer heller Substanz und mit der dicken inneren Membran des Körpers. Die Fig. 4 und 5 sind nach Präparaten gezeichnet, welche von Eiern herrühren, die mit Hermann'schem Gemische fixiert waren.

Fig. 6. Randpartie eines Vertikalschnitts von einem Eie mit den beiden schon abgegebenen Richtungskörpern, von der dünnen äusseren Hülle an der Eioberfläche festgehalten und innerhalb ihrer eigenen dickeren Hüllen je eine Gruppe von grösseren, schwarzen Chromosomenkörneru darbietend. Unter der Eioberfläche findet man zwischen den von gekörnten Mitomfäden umsponnenen Dottersträngen drei Kerne mit inneren schwarzen Chromatinkörnerfäden und Kugeln sowie mit je einer von Eosin rot gefärbten Nukleolkugel. Diese Kerne sind aus den im Ei zurückgebliebenen Chromosomen des geteilten Keimbläschens entstanden, aber noch nicht zu einem ganzen, einzigen »Eikern» zusammengeflossen.

Fig. 7 und **8** zeigen fertiggebildete, ganz zusammengeflossene Eikerne mit den chromatinfürenden Fasern und dem Nucleolus, sowie mit den ihnen zunächst liegenden rotgefärbten Dotterkörnersträngen, welche von den schwarzgefärbten, kornführenden, verästelten Fäden des Mitoms umsponnen und durch die hellen Paramitomräume getrennt sind. In Fig. 7 ist in dem Nucleolus die Hämatoxylinfarbe nicht vollständig ausdifferenziert; dies ist aber in dem der Fig. 8 geschehen.

Fig. 9 stellt zwei solche »Eikerne» dar, welche noch nicht zu dem normalen einzigen zusammengeschmolzen sind, und deren Verschmelzen zuweilen anormal lange verschoben werden kann.

Fig. 10 zeigt die Partie des Keimbläschens von einem in Meerwasser lange gelegenen Ovariumeies, dessen Keimbläschen in Auflösung begriffen (die Kernmembran ist ganz verschwunden), dessen Nucleolus aber in das Protoplasma nicht ausgetreten ist, sondern die Chromosomkörner grösstenteils noch in sich behalten und nur einige wenige, aber nicht an eine Zentrosphäre, abgegeben hat. Es liegt offenbar ein Fall vor, in welchem der normale Entwicklungsprozess durch einen Fehler in der Behandlungsweise in abnorme Bahnen geführt worden ist. Das Kerngerüst mit seinen Randfortsätzen lässt sich noch von dem umgebenden roten Protoplasma des Zelleibs unterscheiden.

Fig. 11 stellt einen Nucleolus, wie in Fig. 10 dar, in welchem die Chromatinsubstanz ganz zurückgeblieben ist.

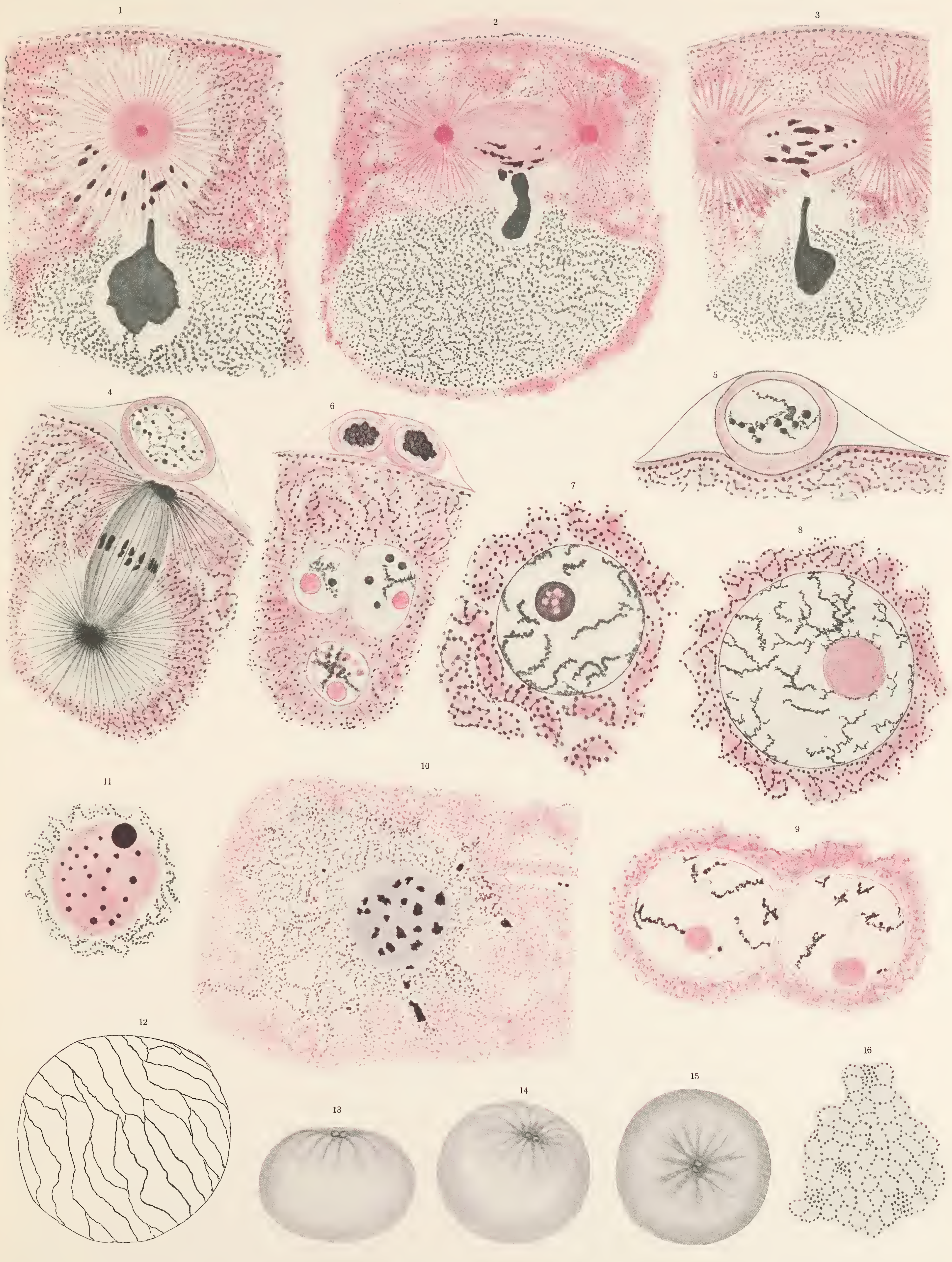
Fig. 12. Ein ganzes Ei, mit Silberlösung behandelt, wodurch die Grenzen der langen dünnen Zellen der äusseren Eihülle gefärbt sind.

Fig. 13, 14 und **15.** Drei Eier aus der Periode nach der Abgabe der Richtungskörper, während welcher die betreffende Oberfläche des Eies grubenartig eingezogen ist und das ganze Ei sich abplattet. In der Grube liegen die Richtungskörper, ringsum von radiierenden Falten der oberflächlichen Eischicht umgeben. Fig. 13 ist von der Seite, Fig. 14 schief von der Seite, Fig. 15 von oben betrachtet.

Fig. 16 stellt bei starker Vergrösserung eine Partie der Oberfläche eines Eies dar, an welcher man die mehr oder weniger deutlich ausgeprägte mosaikartige Zeichnung sieht, welche die gekörnten Fäden des Mitoms der Oberflächenschicht bilden.

Die Fig. 1—3, 6—11 und 16 sind nach Präparaten gezeichnet, welche von Eiern gemacht sind, die mit Pikrinessigsäuregemisch fixiert und mit Eisenala[illegible]matoxylin und Eosin gefärbt worden sind. Die Fig. 4 und 5 sind aus dem mit Hermann'schem Gemisch fixiert [illegible] und in derselben Weise wie die anderen gefärbt. In Fig. 12 war das Ei mit Silberlösung gefärbt, und die Fig. 13— [illegible]r dar, welche in Pikrinessigsäuregemisch gehärtet waren.

Die Fig. 1—11 un[illegible]ch Zeiss' Apochrom. 2 mm. Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 sowie ausserdem in dreimaliger linearer Vergrösserung dieses Bildes wiedergegeben. Die Fig. 13—15 sind bei schwacher Vergrösserung gezeichnet.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel IV.

Der Reifungsprozess und die erste parthenogenetische Entwicklung der Eier bei den Asteriden.

(Asterias rubens L.). Mittelst der Biondifärbung untersucht.

Fig. 1. Drei junge ovariale Eier an der Wand eines Ovarialsacks, in welcher quergeschnittene, grüne Kerne von Muskelzellen sichtbar sind. In den Eiern, deren Protoplasma rot gefärbt ist, sind die Nukleolen *violett*, mit eingeschlossenen helleren Kugeln, sog. Vakuolen. Die Chromatinfasern des Keimbläschens sind rot mit nur sehr schwach violettem Anstrich. Rechts von dem mittleren Ei findet sich eine sog. Nährzelle mit grünem Kern.

Fig. 2. Ein etwas grösseres ovariales Ei an der Wand eines Ovarialsacks (mit quergeschnittenen, grünen Muskelzellenkernen). Im Ei ist das Protoplasma rot, der Nucleolus blauviolett mit hellen sog. Vakuolen und roten Strängen im Keimbläschen. An der linken Seite des Eies liegt eine Nährzelle mit grünem Kern.

Fig. 3 und **4.** Keimbläschen von grossen ovarialen Eiern mit dem angrenzenden rotgefärbten Protoplasma. In beiden ist der schon umfangreiche Nucleolus blauviolett, mit zahlreichen hellen »Vakuolen«; die sog. Chromatinkörnerfasern in den Keimbläschen sind stark rot mit schwach violettem Anstrich. In Fig. 4 findet sich im unteren Umfang des Keimbläschens ein kleiner nukleolartiger sphärischer Körper.

Fig. 5. Keimbläschen aus einem grösseren ovarialen Ei; man bemerkt in ihm zwei Substanzen, eine blauviolette und eine rötlich violette, die voneinander getrennt sind.

Fig. 6. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Asteriaseies mit dem schon abgegebenen, an der Aussenseite des Eies gelegenen und von der dünnen und der dicken Hülle umgebenen ersten Richtungskörper, in welchem die grün gefärbten Chromosomen sichtbar sind, sowie innerhalb des Eies mit der zweiten Richtungskörperspindel, deren Chromosomen sich schon geteilt haben und auf dem Wege nach den polaren Zentrosphären begriffen sind.

Fig. 7. Randpartie von einem Vertikalschnitt eines Asteriaseies mit dem Endakt des Teilungsstadiums der ersten Richtungskörperspindel. Dieser Körper mit seinen grüngefärbten Chromosomen ist eben ausgestülpt, die äussere dünne Eihülle vor sich schiebend und im Begriffe sich vom Eie abzutrennen, während die in diesem zurückgebliebene grüne Chromosomengruppe und die Astrosphäre sich noch nicht zu der zweiten Richtungskörperspindel geordnet haben.

Fig. 8. Gruppe von rotgefärbten Kernbläschen, welche aus den nach der Abgabe der beiden Richtungskörper zurückgebliebenen grünen Chromosomen entstanden sind und sich zu einem einzigen grossen Eikern ansammeln.

Fig. 9—10 stellen einige Stadien aus der durch Zusatz von Kohlensäure zum Meerwasser hervorgerufenen *Parthenogenese* der Asteriaseier dar.

Fig. 9. Mittlere Partie eines Eies, welches 9 Stunden vorher mit Kohlensäure behandelt wurde. Grosser, angeschwollener Eikern mit roten Chromatinkörnerfäden und mit zwei Zentrosphären an den Polen des Eikerns.

Fig. 10. Mittlere Partie eines noch ungefurchten Eies mit der Teilungsspindel, an deren Äquator die grün gefärbten Chromosomen angeordnet sind, und an deren Polen je eine Zentrosphäre liegt. Das Ei wurde $9^1/_2$ Stunden vorher mit Kohlensäure behandelt.

Fig. 11. Mittlere Partie eines noch ungefurchten Eies mit der noch sichtbaren Teilungsspindel, an deren polaren Zentrosphären einige aus den grünen Chromosomen entstandene rote Kernbläschen mit je einem roten nukleolusartigen Körper wahrzunehmen sind.

Fig. 12. Eine der vier durch doppelte Furchung des Eies entstandenen Blastomeren, mit einer neuen Teilungsspindel, an welcher die grün gefärbten Chromosomen am Äquator angeordnet sind. 11 Stunden vorher mit Kohlensäure behandelt.

Fig. 13. Partie von einem Vertikalschnitt eines in acht Blastomeren gefurchten Eies kurz nach der Teilung. Die Chromosomen haben ihre grüne Färbbarkeit verloren und sind zu einigen rot gefärbten Bläschen verwandelt, die sich noch nicht zu ganzen Kernen vereinigt haben. Neben ihnen erkennt man je eine Zentrosphäre.

Fig. 14. Partie von einem Vertikalschnitt einer sechstätigen, durch Kohlensäurebehandlung hervorgerufenen, weit vorgeschrittenen Blastula (beim Übergang zum Gastrulastadium). Alle Kerne in der Wand grüngefärbt; von den inneren Zellen sind auch die meisten grün.

Die in den Figuren abgebildeten Eier waren mit Pikrinessigsäuregemisch fixiert und dann mit Biondigemisch gefärbt.

Alle Figuren der Tafel sind bei Zeiss' Apochr. 2 mm, Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 abgebildet, die Fig. 8—11 ausserdem dreimal linear vergrössert.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel V.

Ovariumeier, Befruchtungsbilder und erste Eientwicklung bei Parechinus miliaris.

Behandlung mit dem Biondigemisch.

Fig. 1. Partie von einem Vertikalschitte eines Ovariumsäckchens mit fünf Eiern in verschiedener Ausbildung und mit zwischen ihnen gelegenen sog. Nährzellen. Die Kerne der letzteren sind sämtlich grün gefärbt. Die Nukleolen der Eikeimbläschen sind alle mehr oder weniger dunkelviolett, und die Chromatinkörnerfäden sind rot mit einem violetten Anstrich.

Fig. 2. Ein grösseres Ovariumei mit dunkelviolettem Nucleolus und zwei kleineren solchen Nebennukleolen im Keimbläschen, sowie mit violettroten Chromatinkörnerfäden. In dem Zellleib sieht man in den stärker rötlichen Partien den Anfang der Dotterbildung.

Fig. 3. Partie eines Keimbläschens von einem Ovariumei mit violettem Nucleolus, in welchem eine Anzahl heller »Vakuolen« sichtbar ist.

Fig. 4. Ein ebensolches Keimbläschen mit violettem Nucleolus, in dem helle »Vakuolen« hervortreten.

Fig. 5. Partie von einem Schnitt durch ein Keimbläschen eines Ovariumeies, dessen Nucleolus rotviolett gefärbt ist, aber ausserdem eine Anzahl von stark blauvioletten Körperchen enthält.

Fig. 6. Der Eikern eines reifen Eies mit kleinem rotem Nucleolus und roten Chromatinkörnerfäden.

Fig. 7—13. Partien von Eiern mit dem Befruchtungsprozess in verschiedenen Phasen.

Fig. 7. Unten der rote Eikern mit dem nach oben von ihm befindlichen, grünen, noch nicht angeschwollenen Spermiekopf und der zunächst unter ihm gelegenen roten Zentrosphäre.

Fig. 8. Der angeschwollene Spermiekern mit grünen Chromatinkörnern sowie nach unten von ihm die rote Zentrosphäre mit der Strahlung.

Fig. 9 und *10.* Unten sieht man den roten Eikern mit der ihm anliegenden roten Zentrosphäre und der Strahlung sowie nach oben davon den angeschwollenen Spermiekern mit den in ihm befindlichen grünen Chromatinkörnern.

Fig. 11. Der Eikern mit der ihn halbmondförmig umfassenden roten Zentrosphäre und dem in ihr gelegenen, dem Eikern anstossenden, angeschwollenen Spermiekern, in welchem grüne Chromatinkörner sichtbar sind.

Fig. 12. Der Eikern mit an dem einen Pol anliegender, halbmondförmiger, roter Zentrosphäre und Strahlung sowi mit dem von ihm getrennten, angeschwollenen, grüne Chromatinkörner enthaltenden Spermiekern, welcher dem Eikern dicht anliegt.

Fig. 13. Der Eikern mit geteilter Zentrosphäre und Strahlung, an beiden Polen desselben gelegen, sowie mit dem angeschwollenen, noch stark grün gefärbte Chromatinkörner enhaltenden Spermiekern dicht an ihm gedrückt und teilweise abgeplattet.

Fig. 14. Der Eikern mit den Zentrosphären und Strahlungen, nachdem er mit dem Spermiekern verschmolzen ist; der Eikern ist mit nur rot gefärbten Chromatinkörnerfäden versehen.

Fig. 15. Der Eikern hat sich in eine Teilungsspindel verwandelt und nach den beiden polaren, von Strahlungen umgebenen Zentrosphären hinausgezogen, in deren Nähe die geteilten Chromosomen in je einer intensiv grün gefärbten Gruppe liegen.

Fig. 16. Eine folgende Teilungsphase, in welcher die Spindel undeutlich geworden ist und die grünen Chromosomen sich zu je einer Gruppe von kleinen, rotgefärbten Bläschen verwandelt haben.

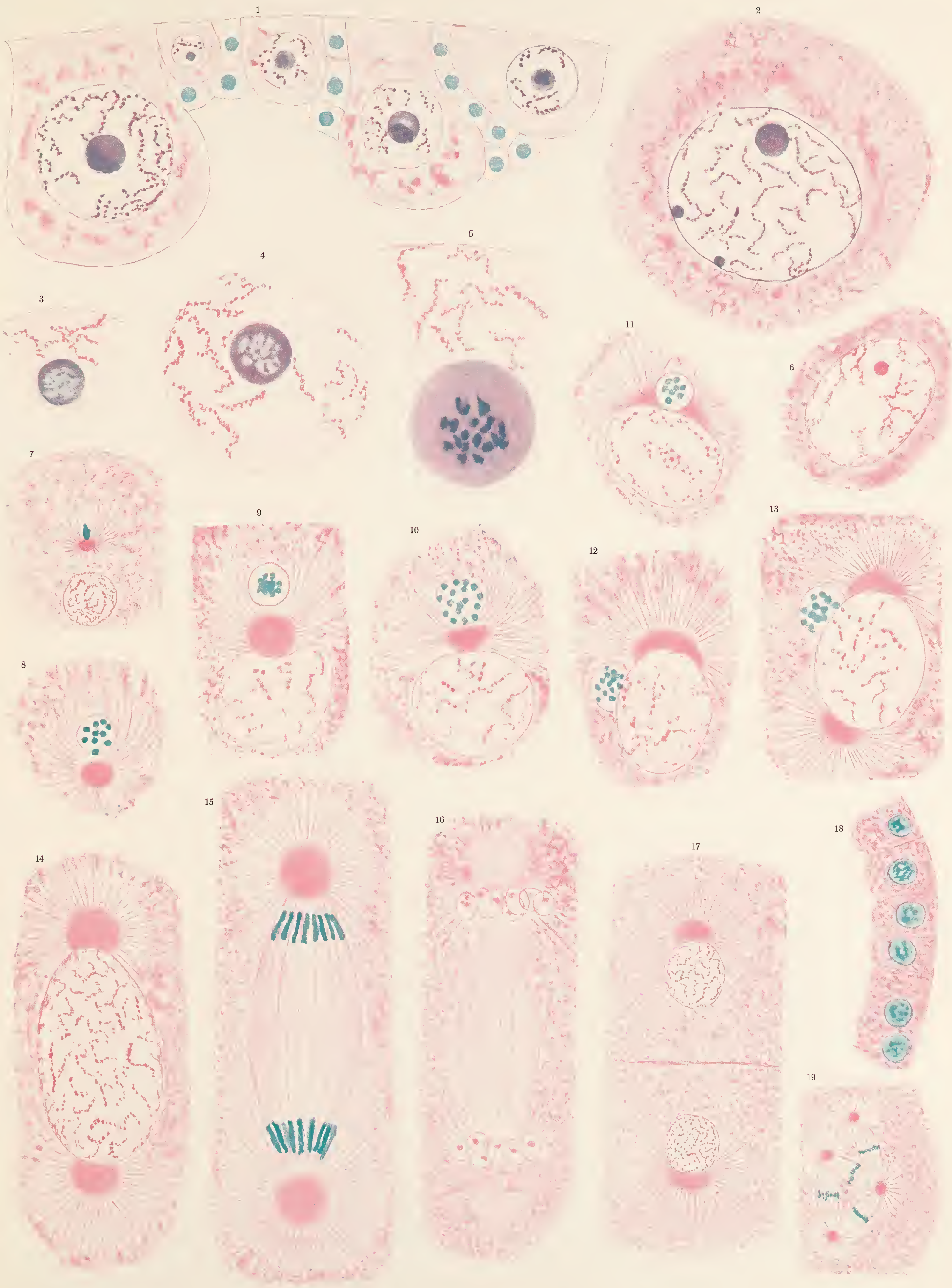
Fig. 17. Die Teilung des Eies ist geschehen. Aus den beiden Bläschengruppen ist in jeder der beiden Furchungszellen je ein neuer vollständiger Kern mit roten Chromatinkörnerfäden entstanden.

Fig. 18. Partie der Wandung einer schon weit ausgebildeten Blastula mit grünen Kernen in allen Zellen.

Fig. 19. Abnorme Spindelbildungen mit grünen Chromosomen in den Äquatorregionen.

Die Eier waren grösstenteils mit Pikrinessigsäuregemisch fixiert und mit Biondigemisch gefärbt.

Die Figuren der Tafel sind sämtlich bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 ausgeführt, aber die Fig. 6 und 8—17 sind ausserdem dreimal linear vergrössert.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel VI.

Der Reifungs- und Befruchtungsprozess der Eier von Ascaris megalocephala.

Mittelst der Biondifärbung erläutert.

Fig. 1—9. Richtungskörper zweiter Ordnung, mit rot gefärbten Spindeln und mit grünen Chromosomen, in verschiedenen Lagen und Ausbildungsphasen dargestellt. In Fig. 2 und 6 sind oben auch Teile vom ersten Richtungskörper sichtbar.

Fig. 10. Randpartie eines Eies mit der zweiten Richtungskörperspindel und mit den von einander weit getrennten (an je einem Pol derselben gelegenen) grünen Chromosomen des zweiten Richtungskörpers (oben an der Eioberfläche) und des werdenden Eikerns. Unten in derselben Figur sieht man die zwei grünen Chromosomen des Spermiekerns und den dunkelblauen Glanzkörper in dem gezackten, stark rotgefärbten Felde der ausstrahlenden grobkörnigen Protoplasmasubstanz der Spermie gelegen.

Fig. 11. Eine ähnliche Randpartie eines Eies, wie in Fig. 10, mit der zweiten Richtungskörperspindel und den zwei getrennten Gruppen von grünen Chromosomen (denjenigen des zweiten Richtungskörpers und des Eikerns). Unten sieht man die nicht deutlich differenzierten grünen Chromosomen der Spermie, in der Mitte des sich ausbreitenden, körnigen, roten Spermie-Protoplasmas. Nach oben von der Figur erkennt man von der Seite her den diesem Eie angehörigen ersten Richtungskörper mit seinen grünen Chromosomen, der Innenfläche der äusseren Eihülle anliegend. Von der dicken Eihülle ist nur ein Stück des inneren Randes abgebildet.

Fig. 12. Eine ähnliche Randpartie eines Eies wie in Fig. 10 und 11 mit der in ihre zwei Hälften geteilten Spindel und mit den zwei grünen Chromosomenpaaren jeder Gruppe in getrennter Lage.

Fig. 13. Der zweite Richtungskörper mit seinen beiden grünen Chromosomen hat sich hier vom Eie zum Teil getrennt und bildet an der Eioberfläche eine abgeplattete, pilzhutähnliche, noch nicht abgeschnürte Ausstülpung. Die beiden grünen Chromosomen des sich bildenden Eikerns erscheinen noch unverändert zu sein.

Fig. 14. Ein fertiggebildeter zweiter Richtungskörper von seiner oberen Fläche betrachtet; die beiden fortwährend grünen Chromosomen liegen in dem abgerundeten, kuchenförmigen, rotgefärbten Richtungskörper in gebogener Lage, wie dies besonders oft vorkommt.

Fig. 15—17. Die weitere Ausbildung des zweiten Richtungskörpers und des Eikerns. Der erste ist in Fig. 15 und 17 von der Seite gesehen, der Eioberfläche dicht angedrückt; in Fig. 16 ist er von oben betrachtet und besteht hier, wie zuweilen vorkommt, aus zwei noch getrennten Bläschen mit einem Chromosom in jedem. Der Eikern hat sich in allen den drei Eiern zu einem hellen, von einer Membran umgebenen Bläschen ausgebildet; die noch grünen Chromosomenstäbchen sind von einem neugebildeten roten, teilweise körnigen Fadenwerk umgeben.

Fig. 18. Vertikalschnitt durch die Mitte eines ganzen Eies, mit dem, mitten in der ausstrahlenden, roten Protoplasmamasse der Spermie gelegenen, zu einer grossen, hellen Blase umgewandelten Spermiekern, in dessen Innerem nur einige kleine grüne Reste der Chromosomen und im übrigen nur rotgefärbte Körnchengruppen sichtbar sind. Am oberen Umfang des Eies erkennt man den ebenfalls blasenförmigen Eikern mit den noch vorhandenen beiden grüngefärbten Chromosomstäbchen und einer roten nukleolähnlichen Kugel nebst anderen roten Körnern. Dicht über dem Eikern sieht man an der äusseren Oberfläche des Eies den zweiten Richtungskörper.

Fig. 19. Ein ähnliches Ei wie in Fig. 18. Hier hat sich aber der kleinere Spermiekern von seiner schon sehr reduzierten, roten Protoplasmasubstanz getrennt; er hat sich aber noch nicht dem an der ursprünglichen Platz gelegenen und mit grünen Chromosomenstäbchen versehenen Eikern genähert. Nach oben von dem an der Eioberfläche befindlichen zweiten Richtungskörper bemerkt man den zu demselben Ei gehörigen, der Innenfläche der äusseren Hülle anliegenden ersten Richtungskörper, perspektivisch von der Seite gesehen.

Fig. 20—22. Die früheren Stadien der Ausbildung des Spermiekerns; *Fig. 20,* die beiden grünen Chromosomen noch ohne Blase, in der rotgefärbten, ausstrahlenden, grobkörnigen Protoplasmasubstanz; die *Fig. 21,* die erste Entwicklung der Blase mit den beiden grünen Chromosomen und einer sich rot färbenden Substanz in derselben; *Fig. 22,* der Spermiekern vergrössert mit ganz hellgrünen Körnern und vermehrter roter Substanz in ihm; die äussere rote Protoplasmasubstanz der Spermie ist noch mehr ausstrahlend, aber schon etwas reduziert.

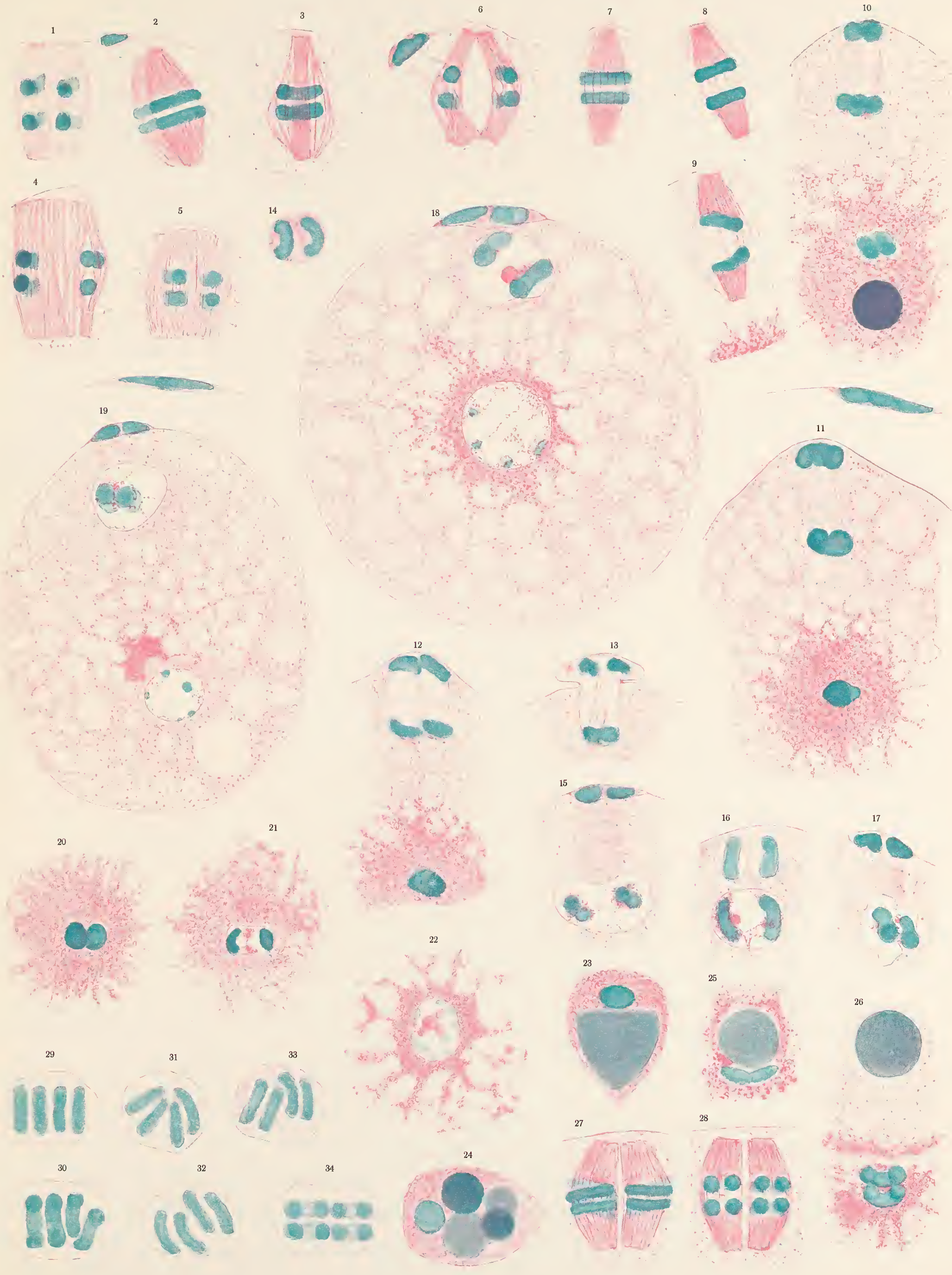
Fig. 23—26. Spermien mit blau gefärbtem Glanzkörper; *Fig. 23,* eine unveränderte Spermie mit grüngefärbtem Kern, blauem Glanzkörper und roter Protoplasmahülle; *Fig 24,* eine Spermie mit grünem Kern und in vier blaue Kugeln zerfallenem Glanzkörper; *Fig. 25* und *26,* Spermien mit kugelförmig gewordenem Glanzkörper, in Fig. 25 noch neben den beiden grünen Chromosomen in der sich auflösenden roten Protoplasmahülle im Ei liegend, in Fig. 26 nach oben hin von den Chromosomen und der schon in Körnergruppen zerfallenen Hülle getrennt.

Fig. 27 und **28.** Zwei erste Richtungskörperspindeln, beide aus zwei Hälften bestehend und mit acht grün gefärbten Chromosomen, welche in Fig. 27 in ihrer Längsausbreitung, in Fig. 28 von der Enden gesehen sind, versehen.

Fig. 29—34. Sechs erste Richtungskörper in ihrer Flächenausbreitung betrachtet; in jedem der runden oder ovalen Kuchen sieht man ihre vier grüne Chromosomenstäbchen, in wechselnder Lage angeordnet.

Die Präparate waren teils mit Sublimat, teils mit Carnoyschem Gemisch fixiert und in Biondischem Gemisch gefärbt.

Alle Figuren der Tafel sind in zweimaliger linearer Vergrösserung des mit Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes wiedergegeben.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel VII.

Spermiekern und Eikern bei dem Befruchtungsprozess in den Eiern von Ascaris megalocephala.

Behandlung mit dem Biondischen Gemische.

Fig. 1. Partie von einem Eie, mit dem aus seinem zu einem halbringförmigen, dunkelroten Protoplasmanhang ausgetretenen, angeschwollenen, mit einigen nur rotgefärbten Chromatinkörnerfäden versehenen Spermiekern (unten) und seinem noch aus zwei kleineren Kernen bestehenden Eikern; in jedem dieser Kerne findet sich noch ein grünes Chromosomstück und übrigens rotgefärbte, sparsame Körnerfäden. Am Eirande sieht man den zweiten Richtungskörper.

Fig. 2. Partie eines Eies mit den nunmehr nebeneinander liegenden beiden Kernen, von denen der obere, unter dem zweiten Richtungskörper liegende offenbar der Eikern ist, während der andere, der Spermiekern, an dessen unterem Umfang der protoplosmatische, dunkel rote Halbring noch hängt, sich dem Eikern genähert hat. In beiden Kernen sieht man grünblaue, z. T. ganz bleiche, Chromosomenstücke und rote Körnerfäden.

Fig. 3. Partie eines Eies mit den nahe aneinander liegenden Kernen, von denen, wie in Fig. 2, der obere, unter dem zweiten Richtungskörper gelegene, noch mit blaugrünen Chromosomenteilen versehene der Eikern ist, während der untere, an dem der dunkelrote Protoplasmarest hängt, den Spermiekern darstellt; in diesem letzteren finden sich nunmehr nur stark rote, nukleolartige Kugeln und Körnerfäden.

Fig. 4. Partie eines Eies mit den beiden, dicht unter der den zweiten Richtungskörper tragenden Eioberfläche nahe aneinander gelegenen Kernen, von denen man nunmehr nicht entscheiden kann, welcher dem Eikern und welcher dem Spermiekern entspricht, weil der dunkelrote Protoplasmarest der Spermie bei dem Ansteigen des Spermiekerns tief unten in der Nähe der Eimitte zurückgeblieben ist. In beiden Kernen sieht man noch blaugrüne Chromosomenstücke. Die nach oben von dem zweiten Richtungskörper befindliche, grüne Chromosomen enthaltende Partie stellt den zu diesem Eie gehörigen ersten Richtungskörper dar, welcher an der Innenfläche der äusseren, nur durch ein Stück seiner Randlinie angegebenen Hülle liegt.

Fig. 5. Ei mit den im Inneren desselben nahe aneinander gelegenen beiden Kernen, welche ungefähr gleich gross sind und nur rot gefärbte Chromatinfäden (und eine nukleolartige Kugel in dem oberen) enthalten. Neben dem unteren Kern liegt rechts ein roter ovaler Körper, den man zuweilen neben dem Spermiekern wahrnimmt und welcher vielleicht aus den Resten des Spermiekörpers herrührt (Glanzkörper?). Am Eirande sieht man den zweiten Richtungskörper mit blaugrünen Chromosomen.

Fig. 6. Partie eines Eies mit den beiden Kernen, von denen der untere grösser ist. In beiden sind von neuem blaugrün gefärbte dickere Chromatinkörnerstränge aufgetreten, zwischen welchen auch dünnere rote noch sichtbar sind. Neben den beiden Kernen bemerkt man im Zellkörper ein Zentrosom, welches einen dunkelrot gefärbten Zentralkörper enthält und zwischen die Kerne einen schmäleren Arm einsenkt. Oben an der Eioberfläche erkennt man den zweiten Richtungskörper mit seinen zwei grünen Chromosomen.

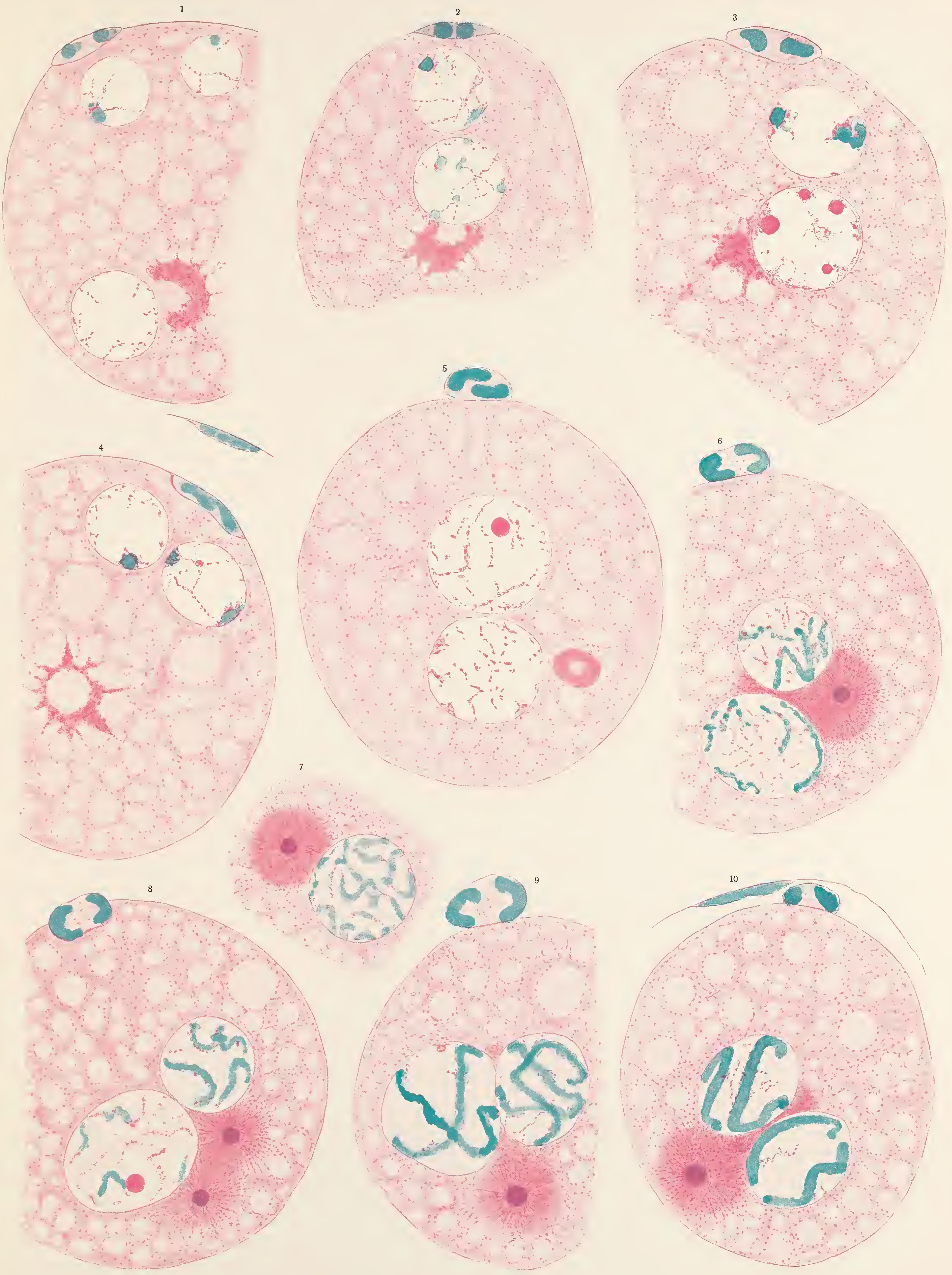
Fig. 7. Eine kleine Partie aus dem Inneren eines Eies mit einem grossen Kern, dem einzigen in diesem Eie und deshalb als aus den beiden schon zusammengeflossenen Kernen entstanden zu betrachten; in ihm sind überwiegend grünblane Cromatinstränge mit roten Verbindungsstücken vorhanden. Neben dem Kern liegt eine Zentrosphäre mit dunkelrotem Zentralkörper.

Fig. 8. Partie eines Eies mit den beiden nicht verschmolzenen, breitere blaugrüne und schmälere rote Chromatinkörnerstränge enthaltenden, verschieden grossen Kernen und den aus der schon durch Teilung entstandenen Zentrosphären mit je einem Zentralkörper. Welcher von den beiden Kernen der Spermiekern und der Eikern ist, lässt sich nicht entscheiden. Oben sieht man den zweiten Richtungskörper mit zwei halbringförmig gebogenen blaugrünen Chromosomen.

Fig. 9. Partie eines Eies mit den zwei, verschieden grossen Kernen und der noch ungeteilten Zentrosphäre sowie oben, an der Oberfläche des Eies, den zweiten Richtungskörper mit zwei halbmondförmigen blaugrünen Chromosomen. In den beiden einander dicht anliegenden Kernen, welche sich nicht als Spermiekern und Eikern differenzieren lassen, sind nunmehr je zwei dickere, lange, gewundene Chromosomenschlingen nachzuweisen; rot gefärbte Körnerfäden sind in den Kernen noch sichtbar. Oben an der Eioberfläche ist der zweite Richtungskörper mit zwei grünen Chromosomen vorhanden.

Fig. 10. Ei mit den zwei unverschmolzenen, nebeneinander liegenden Kernen und der noch ungeteilten Zentrosphäre, welche zwischen die Kerne einen schmalen Arm einsenkt. In den beiden Kernen, die man als Spermien und Eikern voneinander nicht unterscheiden kann und die ungefähr von gleicher Grösse sind, erkennt man je zwei blaugrüne, verkürzte und verbreiterte, gewundene Chromosomenbänder und einzelne rote Körnerfäden. Am oberen Umfang des Eies bemerkt man die beiden Richtungskörper mit blaugrünen Chromosomen; der erste Körper ist im Durchschnitt an dem Innenrande der äusseren dicken Eihülle gelegen.

Die Präparate waren mit Carnoyschen Gemisch fixiert und mit Biondischem Gemisch gefärbt. Alle Figuren der Tafel sind in zweimaliger linearer Vergrösserung des Bildes von Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 wiedergegeben.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und. Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel VIII.

Befruchtungs- und erste Teilungsstadien der Eier von Ascaris megalocephala.

Behandlung mit dem Biondischen Gemische.

Fig. 1. Partie eines Eies mit den beiden, etwas verschieden grossen Kernen — welcher der Eikern, welcher der Spermiekern ist, lässt sich nicht angeben —, in denen man je zwei blaugrüne, verbreiterte, gewundene Chromosomenbänder und mehrere rote feine Körnerfäden bemerkt; zwischen den Kernen liegt die Zentrosphäre, welche in Teilung begriffen ist und schon zwei nahe aneinander gelegene Zentralkörper enthält.

Fig. 2. Partie vom Inneren eines Eies mit den dicht aneinander gelegenen, offenbar der Verschmelzung nahe stehenden. beiden Kernen, welche je zwei lange, gewundene, blaugrüne Chromosomen und feine, rote Körnerfäden enthalten. In den beiden Winkeln zwischen den Kernen findet man je ein Zentrosom mit einem Zentralkörper.

Fig. 3. Ei mit den beiden geschrumpften Kernen, deren Membranen in Auflösung begriffen sind, mit den gewundenen blaugrünen Chromosomen. Zwischen den beiden Zentrosphären ist die Spindel im Beginn ihrer Ausbildung.

Fig. 4. Ei mit den schon frei gewordenen blaugrünen Chromosomen und den zwei Zentrosphären, in schiefer perspektivischer Lage.

Fig. 5. Ei mit der Teilungsspindel zwischen den beiden Zentrosphären und Strahlungen. Am Äquator der Spindel sieht man die gewundenen blaugrünen Chromosomenbänder in etwas schiefer Lage.

Fig. 6. Ei mit einer et was kürzeren Teilungsspindel, an deren Polen je eine Zentrosphäre mit ihrer Strahlung liegt, und mit den blaugrünen Chromosomenbändern in ihren optischen Durchschnitten dargestellt.

Fig. 7 und **8.** Eier mit der Teilungsspindel im Querschnitt wiedergegeben. In diesen Äquatorialansichten sieht man also die vier blaugrün gefärbten Chromosomenbänder in ihrer natürlichen Lage, welche indessen sehr viel wechseln kann; die Enden der Chromosomen ragen oft in das umgebende, von der Spindel nicht ganz genau abgetrennte Protoplasma hinaus. In Fig. 8 sind die vier Chromosomen schon in Längsteilung begriffen. Am oberen Umfang des Eies liegt an einer Partie der äusseren Eihülle der im Durchschnitt getroffene erste Richtungskörper mit den blaugrünen Chromosomen.

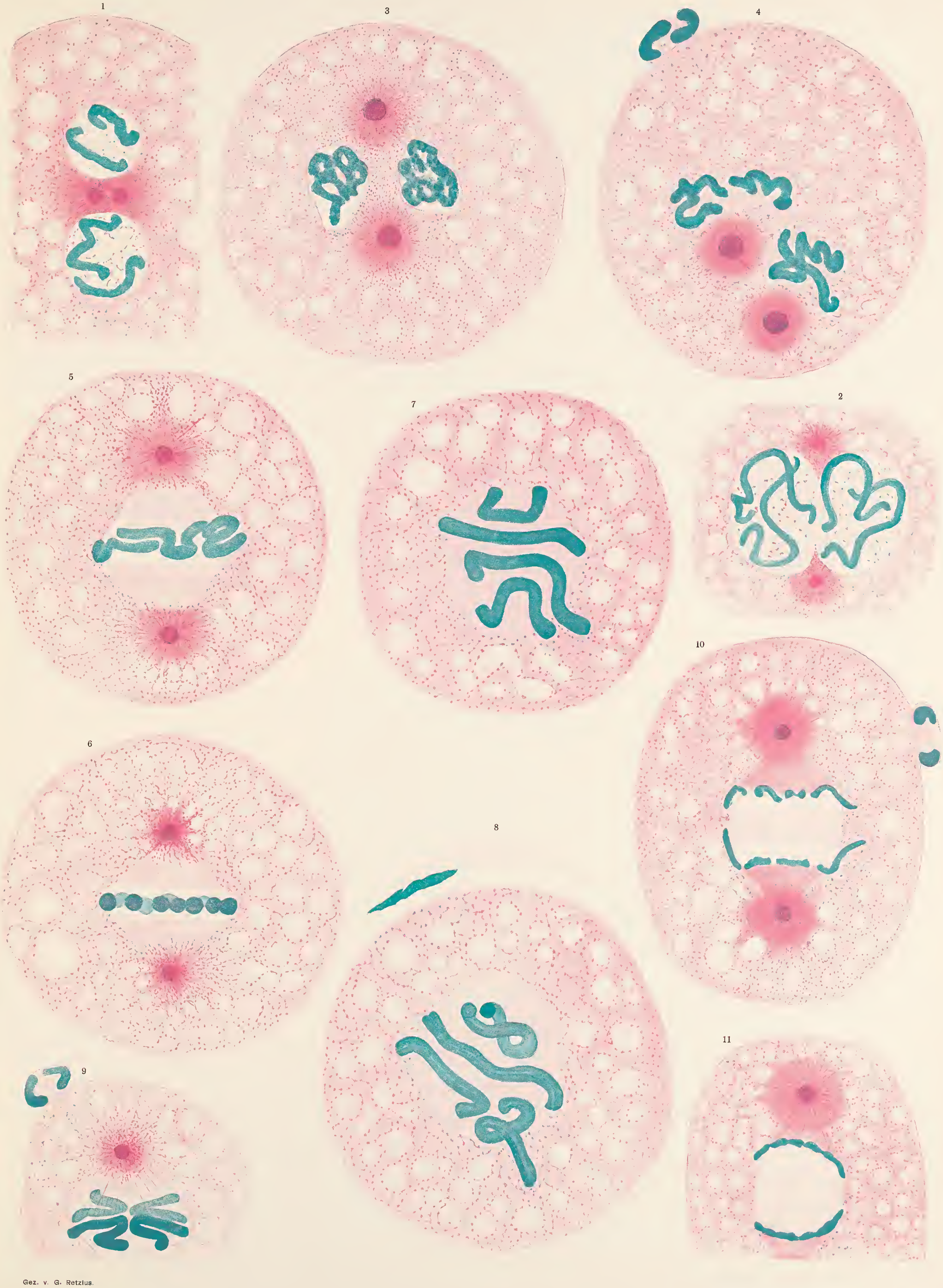
Fig. 9. Partie eines Eies, in schiefer Lage betrachtet, wodurch die unter der Zentrosphäre gelegenen vier blaugrünen, winklig gefalteten Chromosomenbänder in perspektivischer Anordnung sichtbar sind: Am oberen Umfang der Figur bemerkt man den zweiten Richtungskörper mit den beiden blaugrünen Chromosomen.

Fig. 10. Ei mit der Teilungsspindel und mit den durch Längsteilung der vier blaugrünen Chromosomenbänder entstandenen acht schmäleren Chromosomen, welche hier zu zwei Gruppen von je vier auf der Spindel zu den beiden Polen ziehen. Durch den Mikrotomschnitt sind diese Chromosomen abgeschnitten, so dass von ihnen nur kürzere Stücke vorliegen. Zwischen ihnen und den beiden Zentrosphären findet man die Spindel jederseits stärker rot gefärbt als in der Mitte der Spindel. Rechts liegt am Ei ein zweiter Richtungskörper mit zwei blaugrünen Chromosomen.

Fig. 11. Partie eines Eies mit der Teilungsspindel und den beiden blaugrünen Chromosomengruppen in ungefähr derselben Phase wie in Fig. 10.

Die Eier waren teils mit Zenkerschem, teils mit Carnoyschem Gemisch fixiert sowie mit Biondigemisch gefärbt.

Alle Figuren der Tafel sind in zweifacher linearer Vergrösserung des mit Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes ausgeführt.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel IX.

Der Prozess der ersten Teilung bei den befruchteten Eiern von Ascaris megalocephala.

Behandlung mit dem Biondischen Gemische.

Fig. 1. Ei mit der Teilungsspindel und mit den ihr anliegenden beiden Gruppen der durch Längsteilung geteilten, blaugrün gefärbten Chromosombänder auf ihrem Wege nach den beiden Zentrosphären; wegen des gewundenen Verlaufes dieser Bänder erscheinen sie im optischen Durchschnitte als je eine Reihe von aneinander gereihten Kugeln. Rechts-oben sieht man an der Oberfläche des Eies den zweiten Richtungskörper mit seinen zwei blaugrünen Chromosomen und noch weiter nach oben den inneren Rand der äusseren Eihülle mit dem ihr dicht anliegenden ersten Richtungskörper, dessen Chromosomen im Vertikalschnitte einander decken.

Fig. 2. Ei in Einschnürung und Teilung begriffen, mit schmal elliptisch ausgezogener Spindel, an deren polaren Enden die zwei Gruppen von je vier am äusseren Ende geknickten und umgebogenen blaugrünen Chromosomen angeordnet sind.

Fig. 3. Schon eingeschnürtes Ei mit noch bestehenden Resten der Spindel und mit je einer, in der Nähe der Zentrosphären befindlichen, querliegenden Gruppe von hellgrünen Körnern, in welche die Chromosomenbänder zerfallen sind. An der oberen Eihälfte sieht man in der rechten Ecke den zweiten Richtungskörper mit seinen beiden blaugrünen Chromosomen.

Fig. 4. Eingeschnürtes und beinahe fertig geteiltes Ei, dessen sehr verschmälerte Spindel mit nur schwacher Brücke in der Mitte zusammenhängt. An den beiden Enden der Spindel bemerkt man je eine grössere Gruppe von kleinen hellblauen Körnern, welche die Reste der früheren intensiv blaugrünen Chromosomenbänder darstellen. In den beiden Eihälften sind die Zentrosphären erhalten.

Fig. 5. Ein schon geteiltes Ei mit breit aneinander gedrückten Hälften, von denen jede mit den aus den Chromosomenkörnerhaufen entstandenen Bläschen versehen ist, von welchen die obere Hälfte zwei, die untere vier besitzen. In diesen Bläschen sieht man teils einige hellblaue, teils rote Körner und Fäden. Die Zentrosphären sind erhalten.

Fig. 6. Partie eines geteilten Eies mit verschmolzenen Bläschen, wodurch zusammenhängende aber noch eingeschnürte Kerne in den beiden Eihälften entstanden sind. In diesen Kernen sind nunmehr keine blauen, nur rote Körner vorhanden. Die Zentrosphären sind erhalten.

Fig. 7. Ein geteiltes Ei mit dem in dieser Phase gewöhnlichen »Zusammenpressen» der beiden Eihälften und ihrem breiten Andrücken aneinander. In jeder Hälfte findet man einen grossen Kern mit eigentümlichen, langen und schmalen Ausstülpungen gegen die Teilungsfläche und nach der äusseren Seite hin. In den Kernen ist in diesem Stadium keine blau sich färbenden Teile vorhanden; alle Fäden und Körner färben sich rot. Dagegen behalten die Chromosomen der Richtungskörper ihre blaugrüne Farbe; an der nach unten gekehrten, etwas grösseren Hälfte sitzt links ein zweiter Richtungskörper mit blaugrünen Chromosomen. Die Zentrosomen sind erhalten und nahe an der Eioberfläche gelegen.

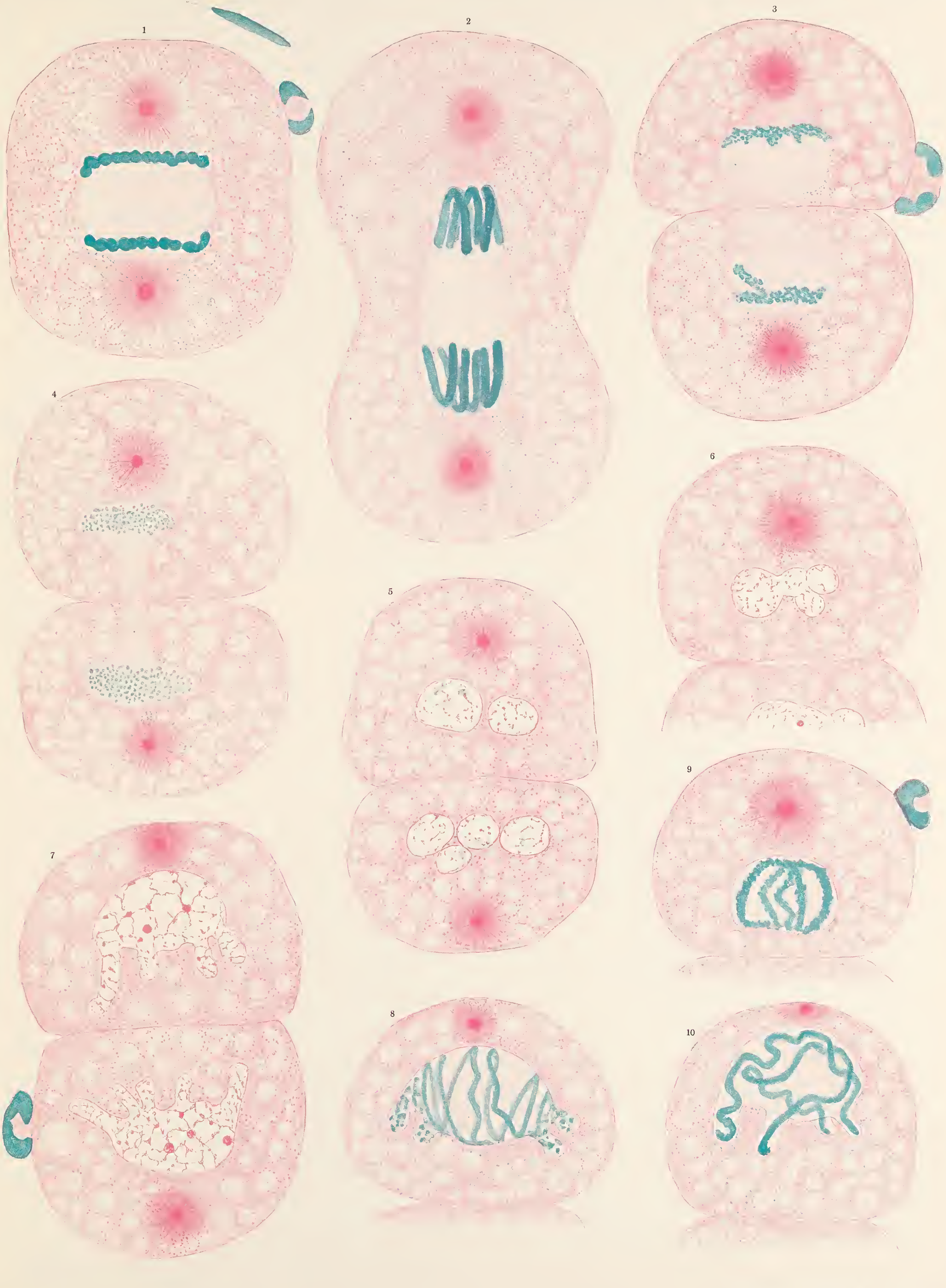
Fig. 8. Partie eines geteilten Eies, in welchen solche Kerne mit Ausstülpungen, die in Fig. 7 abgebildet wurden, auch vorhanden sind. Hier ist aber die rote Farbe der Kernteile ganz verschwunden, und statt dessen eine Affinität für die blaue Farbe entstanden, wozu noch kommt, dass die Chromatinpartikel sich meistens zu langen, sich windenden Strängen angesammelt haben, wie dies in der hier abgebildeten Eihälfte dargestellt ist. Die Zentrosomen sind noch vorhanden.

Fig. 9. Partie eines geteilten Eies mit in dem Kern vorhandenen, blau gefärbten Chromatinsträngen und mit dem an der rechten Seite angehefteten zweiten Richtungskörper, in welchem die blaugrünen Chromosomen sichtbar sind. Die Zentrosphäre ist erhalten.

Fig. 10. Partie eines geteilten Eies mit einem mit Ausstülpungen versehenen Kern, wie in den Fig. 7 und 8, in welchen aber die nunmehr sich intensiv blaugrün färbenden Chromosomen bis an die Enden der Ausstülpungen reichen. Die Zentrosphären sind erhalten, aber ziemlich klein.

Die hier abgebildeten Eier waren mit Carnoyschem Gemisch fixiert und mit Biondischem Gemisch gefärbt.

Die Figuren dieser Tafel sind in zweimaliger linearer Vergrösserung des bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes ausgeführt.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel X.

Gefurchte Eier von Ascaris megalocephala.

Behandlung mit dem Biondischen Gemische.

Fig. 1. Ein in zwei Blastomeren geteiltes Ei mit neuen Teilungsspindeln in beiden. In der oberen sind die am Äquator befindlichen, blaugrün gefärbten Chromosomen noch nicht der Länge nach geteilt. In der unteren ist diese Teilung geschehen und die dadurch entstandenen acht blaugrünen Chromosomen in zwei Gruppen von je vier an die beiden polaren Zentrosphären gezogen. Die Spindel der unteren Blastomere bildet ungefähr rechte Winkel mit derjenigen der oberen. An der linken Seite der oberen Blastomere findet sich noch der zweite Richtungskörper mit zwei blaugrünen Chromosomen.

Fig. 2. Ei mit beinahe abgelaufener zweiter Furchung. In den beiden oberen, aus einer Blastomere entstandenen, beinahe voneinander getrennten Zellen sieht man die Kerne links mit bandförmigen, zackigen Chromosomen, rechts mit in Körner zerfallenen, aber mit beiden noch blaugrün gefärbt. Ausserdem liegt hier im Winkel zwischen ihnen der zweite Richtungskörper mit den zwei blaugrünen Chromosomen. In den aus der zweiten Eihälfte entstandenen beiden unteren Blastomeren hat man noch das Teilungsstadium, wo die Spindel beinahe im Verschwinden begriffen ist, die blaugrünen bandförmigen, geknickten Chromosomen aber zu den polaren Zentrosphären gezogen sind. Unten in der Figur sieht man den ersten Richtungskörper mit seinen blaugrünen Chromosomen, von der Seite her, an der Innenfläche der äusseren dicken Eihülle befestigt.

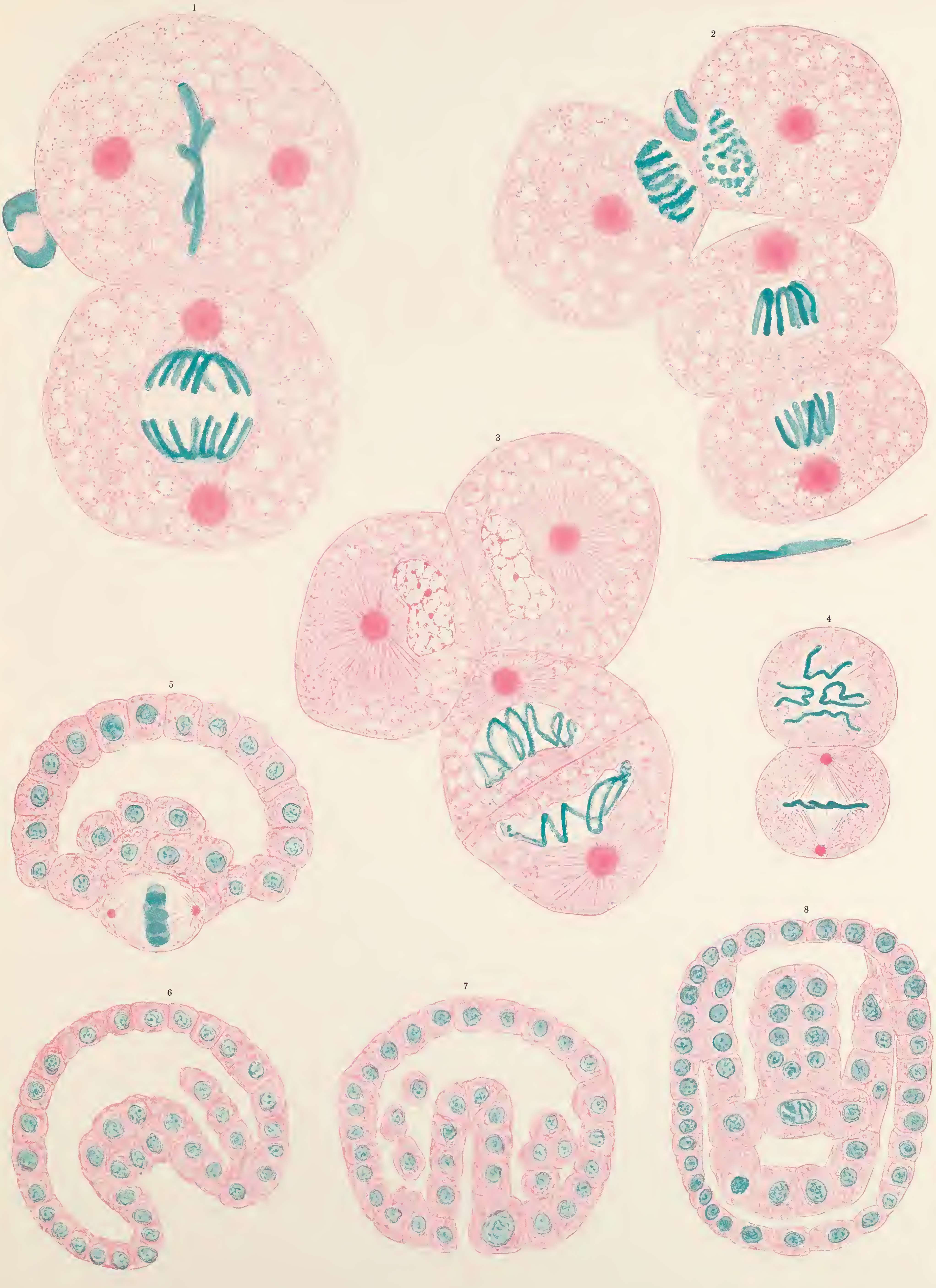
Fig. 3. Ei mit den durch die erste Teilung entstandenen Blastomeren schon zum zweiten Mal gefurcht. In dem oberen Paar hat man nun aus den früher blaugrünen Chromosomen entstandene, nur rot gefärbte Kerne. Im unteren Paar ist ein danach folgendes Stadium erreicht, indem sich die Chromatinkörner zu gewundenen Strängen gesammelt haben, welche die blaugrüne Farbe kräftig annahmen.

Fig. 4. Gefurchtes Ei, in schwächerer Vergrösserung in der zweiten Furchung begriffen, mit der Äquatorialplatte und den vier in ihr befindlichen blaugrünen Chromosomschlingen, von der Fläche gesehen, in der oberen Blastomere und, in der unteren, mit der Spindel und den Chromosomen im Äquator, von der Seite betrachtet.

Fig. 5—8. Gastrulastadien mit überall blaugrün gefärbten Kernen, in welchen während der Teilungsstadien die grüne Farbe noch kräftiger wird.

Die Eier waren teils mit Sublimat, teils mit Carnoyschem Gemisch fixiert und mit Biondischem Gemisch gefärbt.

Mit der Ausnahme der Fig. 4 sind die Figuren dieser Tafel in zweimaliger linearer Vergrösserung des bei Zeiss' Apochr. 2 mm. Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes wiedergegeben.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XI.

Der Prozess der Richtungskörper-Bildung und der Befruchtung in den Eiern von Ascaris megalocephala.

Färbung mit Eisenalaun-Hämatoxylin (nach M. Heidenhain) und Eosin.

Fig. 1—3. Erste Richtungskörper. — *Fig. 1*, die Spindel mit den acht Chromosomen, von der Seite betrachtet. — *Fig. 2—3*, zwei fertige, abgegebene erste Richtungskörper mit je vier Chromosomen, in der Flächenansicht.

Fig. 4—6. Zweite Richtungskörper. — *Fig. 4.* Spindel mit den vier Chromosomen, von der Seite, aber in Flächenausbreitung, und *Fig. 5* ebenfalls von der Seite, aber in der Kantenansicht betrachtet, je mit den vier Chromosomen, welche in Fig. 4 von ihren Enden, in Fig. 5 in Längsausbreitung vorliegen. — *Fig. 6.* Ein noch aus zwei Bläschen bestehender zweiter Richtungskörper, mit einem Chromosom in jedem, von der Oberfläche betrachtet.

Fig. 7. Kleine Partie von einem Schnitt eines Eies mit dem noch aus zwei Bläschen bestehenden zweiten Richtungskörper mit einem Chromosom in jedem Bläschen, in der Oberflächenlage betrachtet. Unten erkennt man den ebenfalls noch aus zwei nicht verschmolzenen Bläschen, mit einem Chromosom in jedem, bestehenden Eikern; die Chromosomen zeigen seitliche Ausläufer.

Fig. 8. Kleine Partie eines Vertikalschnitts durch die oberflächliche Schicht eines Eies mit dem in diese Schicht etwas eingesenkten zweiten Richtungskörper, in welchem die zwei Chromosomen sichtbar sind, und mit dem rechts davon gelegenen, aus einem Bläschen (mit den zwei, auf jeder Seite seiner Wand angehefteten, untereinander verbundenen Chromosomen) bestehenden Eikern.

Fig. 9. Partie eines Vertikalschnitts durch ein Ei, an dessen oberem Oberflächenstück der zweite Richtungskörper in der Seitenansicht vorliegt, während unter ihm der angeschwollene Eikern und, von diesem entfernt, noch tiefer hinab der ebenfalls angeschwollene, ungefähr gleich grosse Spermiekern mit dem anhängenden, schwarz gefärbten Protoplasma-Halbring des Spermiekörpers zu sehen sind. In den beiden Kernen sind teils schwärzliche, teils rote Fäden und Kugeln vorhanden.

Fig. 10. Partie eines Vertikalschnitts durch ein Ei, an dessen oberem Oberflächenrand der zweite Richtungskörper im Durchschnitt vorliegt, und nach unten von ihm der noch aus einem kleinen Bläschen mit den zwei Chromosomen bestehende Eikern zu sehen ist; noch weiter unten liegt der Spermiekern mit einem schwarz gefärbten Anhängsel des sich auflösenden Spermiekörpers.

Fig. 11. Partie eines Eies mit den beiden, ungefähr gleich grossen Kernen nunmehr dicht aneinander gelegen, beide mit den sich von neuem ansammelnden Chromatinssträngen. Welcher von den Kernen der Spermiekern und der Eikern ist, liess sich nicht entscheiden. In den Winkeln zwischen ihnen sieht man die schon in zwei geteilte Zentrosphäre mit je einem schwarzen Zentralkörper in jeder Abteilung.

Fig. 12. Partie eines Eies mit den beiden ungefähr gleich grossen Kernen, welche in gebogener, halbmondförmiger Gestalt ein Feld umkreisen, in welchem eine in Teilung begriffene, rötlich gefärbte Zentrosphäre mit zwei kleinen, schwarz gefärbten Zentralkörpern gelegen ist. In den beiden Kernen, von denen man nicht weiss, wer dem Eikern und wer dem Spermiekern entspricht, ist die Ausbildung der Chromatinbänder verschieden weit gelangt, da in dem rechts liegenden sich diese Bänder mehr konsolidiert haben als in dem links befindlichen.

Fig. 13. Partie eines Eies mit den beiden, ungefähr gleich grossen, etwas voneinander getrennten Kernen, in denen sich etwas zackige Chromatinbänder und feinere Fäden von etwa derselben Ausbildungsstufe finden. In dem oberen Winkel zwischen den Kernen, von denen man nicht bestimmen kann, welcher der Eikern und welcher der Spermiekern ist, liegt eine sich eben teilende Zentrosphäre mit zwei schwarz gefärbten Zentralkörpern.

Fig. 14. Schnitt durch ein ganzes Ei mit dem oben ansitzenden zweiten Richtungskörper und mit drei Kernen im Inneren, von denen wahrscheinlich die zwei oberen kleineren dem noch aus zwei nicht verschmolzenen Bläschen bestehenden Eikern und der untere dem Spermiekern entsprechen. In allen dei Kernen sieht man nur feinkörnige Chromatinfäden. Zwischen den beiden oberen liegt die noch ungeteilte Zentrosphäre mit ihren Zentralkörpern.

Fig. 15. Partie eines Eies, oben-links mit dem aussen angehefteten zweiten Richtungskörper; im Inneren sieht man zwei stark angeschwollene, ungefähr gleich grosse Kerne mit etwa gleich weit ausgebildeten, körnig erscheinenden, gewundenen Chromatinbändern. Der dem rechts gelegenen Kern rechts angeheftete, schwarz gefärbte körnige Klumpen, welcher wahrscheinlich ein Rest des Spermiekörpers ist, deutet stark darauf hin, dass dieser Kern dem Spermiekern entspricht. Zwischen den beiden dicht aneinander liegenden Kernen sieht man oben und unten in den Winkeln die geteilte Zentrosphäre mit den beiden schwarz gefärbten Zentralkörpern.

Fig. 16. Partie eines Eies mit einem sehr grossen Kern, welcher offenbar den hier schon verschmolzenen beiden Kernen (Eikern und Spermiekern) entspricht. Über ihm sieht man die sich eben teilende Zentrosphäre mit zwei kleinen Zentralkörpern.

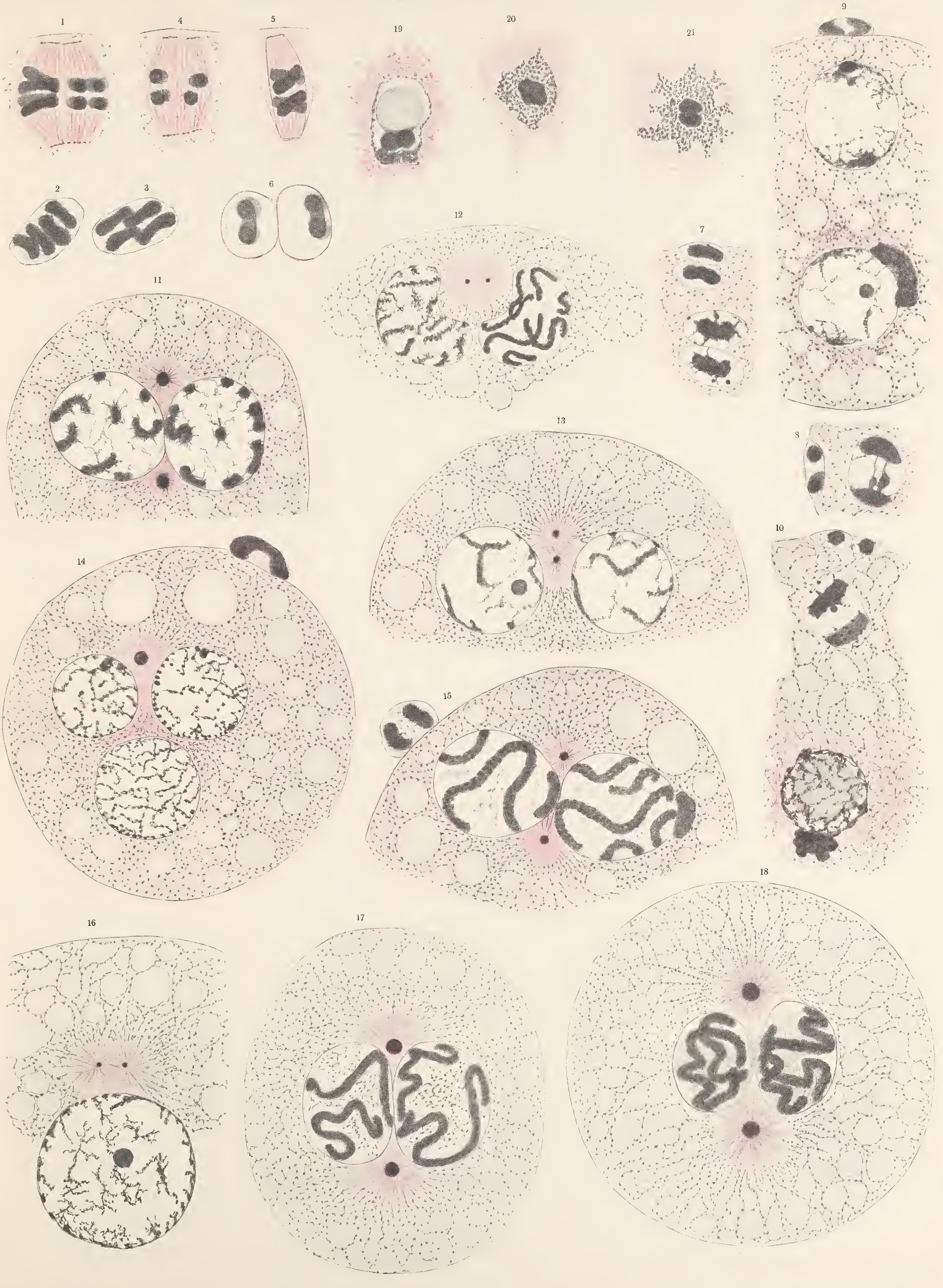
Fig. 17. Ein ganzes Ei mit den beiden, beinahe gleich grossen Kernen und den beiden Zentrosphären in den Winkeln zwischen ihnen. Die Kerne, in welchen man je zwei beinahe fertig ausgebildete, gewundene Chromosomenstränge bemerkt, liegen aneinander dicht gedrängt, und ihre Membranen sind schon auffallend verdünnt.

Fig. 18. Ein ganzes Ei mit den beiden Kernen, von denen der rechts befindliche grösser ist, und in denen je zwei ausgebildete, körnig erscheinende, gewundene Chromosomenstränge gelegen sind, stossen aneinander, und die Membranen sind, besonders am inneren Umfang in Auflösung begriffen. Die Zentrosphären mit ihren Zentralkörpern liegen oben und unten in den Winkeln, welche die Kerne miteinander bilden. Diese Phase trifft offenbar gleich vor der Bildung der Teilungsspindel ein.

In der Fig. 18, wie in den meisten anderen Abbildungen von Eiern auf dieser Tafel, bemerkt man in dem *Protoplasma* in sehr prägnanter Weise ein Geflecht von feinen Fasern, in welchen Körner, die Mikrosomen Van Beneden's, moniliform oder perlschnurartig eingeschlossen liegen. Diese bald mehr gerade, bald mehr gebogen und sich windend verlaufenden Fasern umspinnen mehr weniger scharf begrenzte, grössere und kleinere, tropfenähnliche, rundliche oder ovale Räume, in denen eine etwas hellere, scheinbar unstrukturierte Substanz liegt. Bilder von Eiern, wie die in den Fig. 11—18 wiedergegebenen, und die genau nach den besten Präparatsn dargestellt sind, geben von der Struktur des Protoplasmas eine gute Auffassung.

Die auf dieser Tafel abgebildeten Eier waren grösstenteils mit Carnoyschem Gemisch fixiert und mit M. Heidenhain's Eisenalaun-Hämatoxylin gefärbt.

Alle Figuren der Tafel sind in zweifacher linearer Vergrösserung des bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes ausgeführt.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XII.

Der Teilungsprozess in den Eiern von Ascaris megalocephala.

Färbung mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin.

Fig. 1. Schnitt durch ein ganzes Ei mit der Teilungsspindel und den beiden Zentrosphären und Zentralkörpern. Im Äquator der Spindel sieht man Stücke der vier Chromosomenstränge. Oben-rechts liegt am Eirande der zweite Richtungskörper, und nach oben von ihm findet sich der erste Richtungskörper an der inneren Fläche der teilweise angedeuteten äusseren dicken Eihülle, von welcher links-oben eine Partie in ihrer ganzen Dicke wiedergegeben ist.

Fig. 2. Ein ganzes Ei mit der Teilungsspindel und, im Äquator derselben, zwei Chromosomensträngen, an denen die Längsteilung durch eine helle Längslinie angedeutet ist. In den beiden Zentrosphären sieht man je ein schwarz gefärbtes Körnchen; durch die stark ausgeführte Differenzierung mit Eisenalaun ist offenbar dies Körnchen, der eigentliche Zentralkörper, zu einer sehr geringen Grösse gebracht; die Mikrosomen des Protoplasmas, welche in den anderen Figuren kräftig hervortreten, sind im ganzen Zellkörper ganz entfärbt.

Fig. 3. Partie eines etwas schief von einem derjenigen Seiten, in welchen die Zentrosphären gelegen sind, betrachteten, im Teilungsstadium begriffenen Eies. Ringsum den schwarz gefärbten Zentralkörper sieht man in selten schöner Anordnung die Strahlung der Zentrosphäre und den Übergang ihrer Fasern in das umgebende Mitom des Protoplasmas.

Fig. 4. Schnitt durch die Äquatorregion der Teilungsspindel eines Eies, mit den im Äquatorplan der Spindel gelegenen, gebogenen und gewundenen vier Chromosomen.

Fig. 5. Ein ganzes Ei mit Teilungsspindel und mit den zwei Gruppen der geteilten Chromosomen auf dem Wege nach den Zentrosphären, in welchen je ein grosser, schwarzer Zentralkörper liegt. Links-oben findet sich am Eirande der zweite Richtungskörper.

Fig. 6. Partie eines Eies mit der Teilungsspindel und den längsgeteilten Chromosomen in umgebogener Gestalt und Anordnung in der Nähe der einen, mit dem Zentralkörper versehenen Zentrosphäre, in etwas schiefer Ansicht.

Fig. 7. Partie eines schon eingeschnürten, sich teilenden Eies mit den umgebogenen Chromosomen der einen Furchungszelle in der Nähe der mit dem Zentralkörper versehenen Zentrosphäre.

Fig. 8. Ein schon weit in der ersten Teilung gelangtes, eingeschnürtes Ei mit ausgezogener, in der Mitte verschmälerter Spindelsubstanz, an deren Enden die in eine Menge kleiner Körner zerfallene Chromosomensubstanz in je einer dicht unter der Zentrosphäre befindlichen, quer liegenden Anhäufung sichtbar ist.

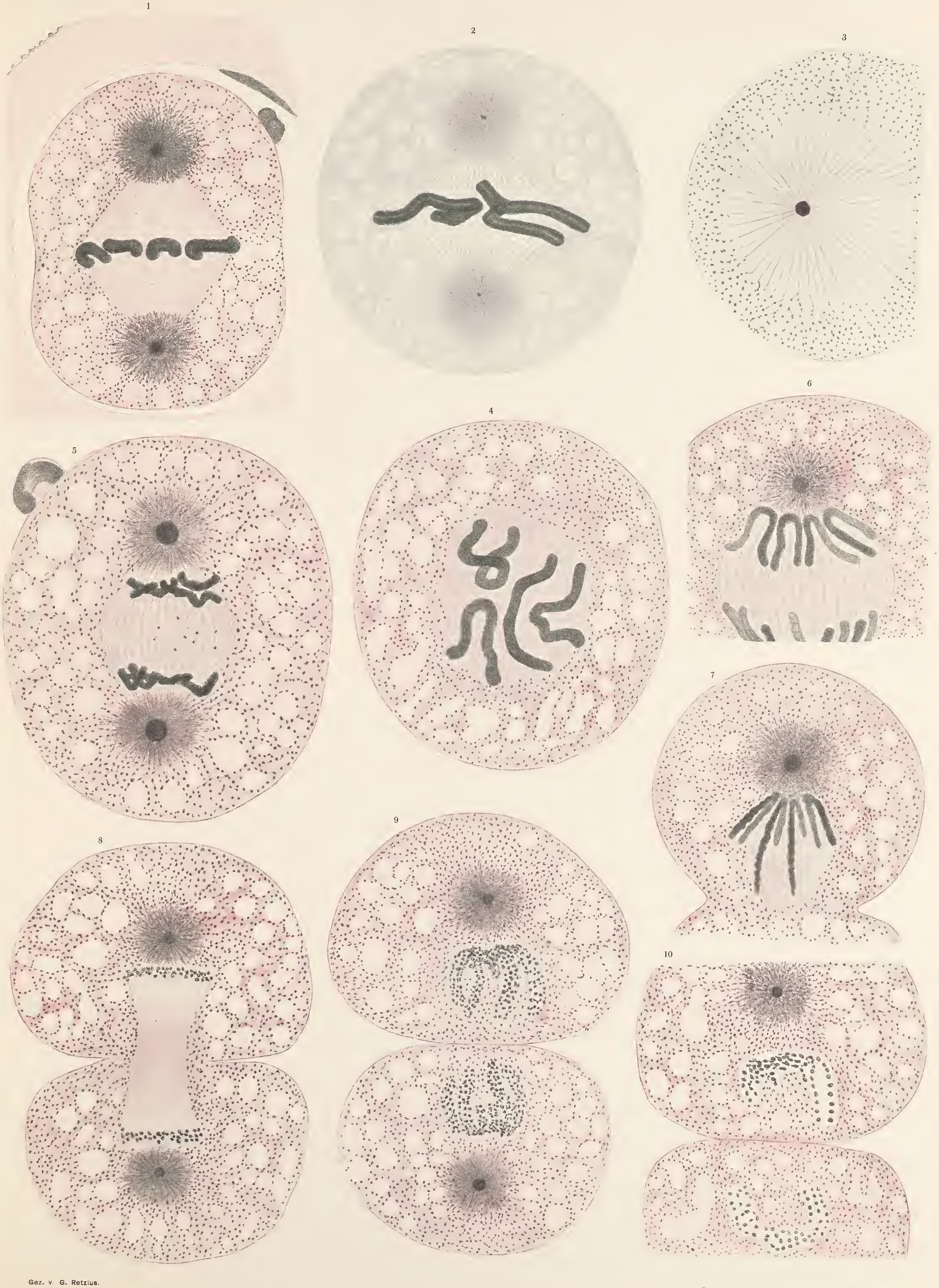
Fig. 9. Ein schon abgeschnürtes Ei mit den Chromatinkörnerhaufen der beiden Tochterzellen zu je vier langen Ausläufern ausgezogen.

Fig. 10. Partie eines schon abgeschnürten Eies mit den Chromatinkörnern sich zu je einem noch membranlosen, unregelmässig gestalteten Kern ansammelnd.

In der Protoplasmasubstanz der auf dieser Tafel abgebildeten Eier erkennt man, wie in den auf Taf. XI wiedergegebenen Eiern, das mit dunklen Körnern versehene Geflecht feiner Fasern (das Mitom), welche eine rötlich gefärbte, den Dotter enthaltende Substanz umspinnen und durchziehen; in den rundlichen und ovalen Lücken dieser Substanz sieht man eine andere, heller gefärbte, unstrukturierte Substanz. Nur in dem in Fig. 2 abgebildeten Ei ist, wie oben bemerkt wurde, infolge der starken Differenzierung mit Eisenalaun, das körnige Fasergeflecht nicht mehr wahrnehmbar; die Eosinfärbung ist hier, wie an dem in Fig. 3 abgebildeten Eie, nicht angewandt.

Die auf dieser Tafel abgebildeten Eier waren entweder mit Sublimatlösung order mit dem Carnoyschen Gemische fixiert und nach der Eisenalaun-Hämatoxylinmethode von M. Heidenhain gefärbt. Ausserdem ist in den in Fig. 1 und 4—10 die Eosinfärbung benutzt.

Alle Figuren der Tafel sind in zweimaliger linearer Vergrösserung des bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30, K. Ok. 12 erhaltenen Bildes wiedergegeben.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XIII.

Eier von Ascaris megalocephala, in Furchungsstadien und in Zytolyse.

Färbung mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin.

Fig. 1. In zwei Tochterzellen geteiltes Ei, mit je einem sich anlegenden Kern, in dem die Chromatinsubstanz aus einer Menge kleiner Körner besteht. In den Zentrosphären sieht man den dunkleren Zentralkörper und an den Rändern die faserige Ausstrahlung. Oben findet sich an dem Eirande der zweite Richtungskörper mit seinen beiden Chromosomen.

Fig. 2. Partie einer Tochterzelle eines geteilten Eies mit dem unter der Zentrosphäre gelegenen Kern noch aus vier Bläschen betehend, in denen körnige Chromatinnetze sichtbar sind.

Fig. 3. In zwei Tochterzellen geteiltes Ei mit je einem aus den verschmolzenen Bläschen entstandenen, teilweise noch eingeschnürten, mit Membran versehenen, neben der Zentrosphäre quer durch die Zelle gelegenen Kern, in dem man chromatinführende Fäden erkennt. Links unten sieht man ein Stück der diesem Ei angehörigen, dicken, äusseren Hülle, in welcher eine konzentrische Schichtung und eine Körnelung der Oberfläche angedeutet sind.

Fig. 4. Ei, in zwei Tochterzellen geteilt, in denen die den Zentrosphären anliegenden, stark angeschwellten und mit je vier nach der Teilungsplatte hin gestreckten, langen Ausläufern versehenen Kerne sichtbar sind. In den Kernen und ihren Ausläufern sind lange, gewundene Bänder und Fäden vorhanden; in dem unteren Kern sind diese an den Rändern weniger, in den oberen mehr gezackt.

Fig. 5. Gefurchtes Ei, dessen obere Zelle mit einer Teilungsspindel, an deren beiden Polen je eine Zentrosphäre liegt, werschen; am Äquator der Spindel sieht man die Chromosomen in der Seitenansicht. Die untere Tochterzelle der ersten Furchung ist der oberen voraus geeilt und hat sich schon zum zweiten Mal geteilt; in den beiden Zellen dieser zweiten Teilung bemerkt man schon lange, dicke, gewundene Chromosomen, welche in der untersten Zelle teilweise in sich ausbuchtenden Ausläufern des Kerns gelegen sind.

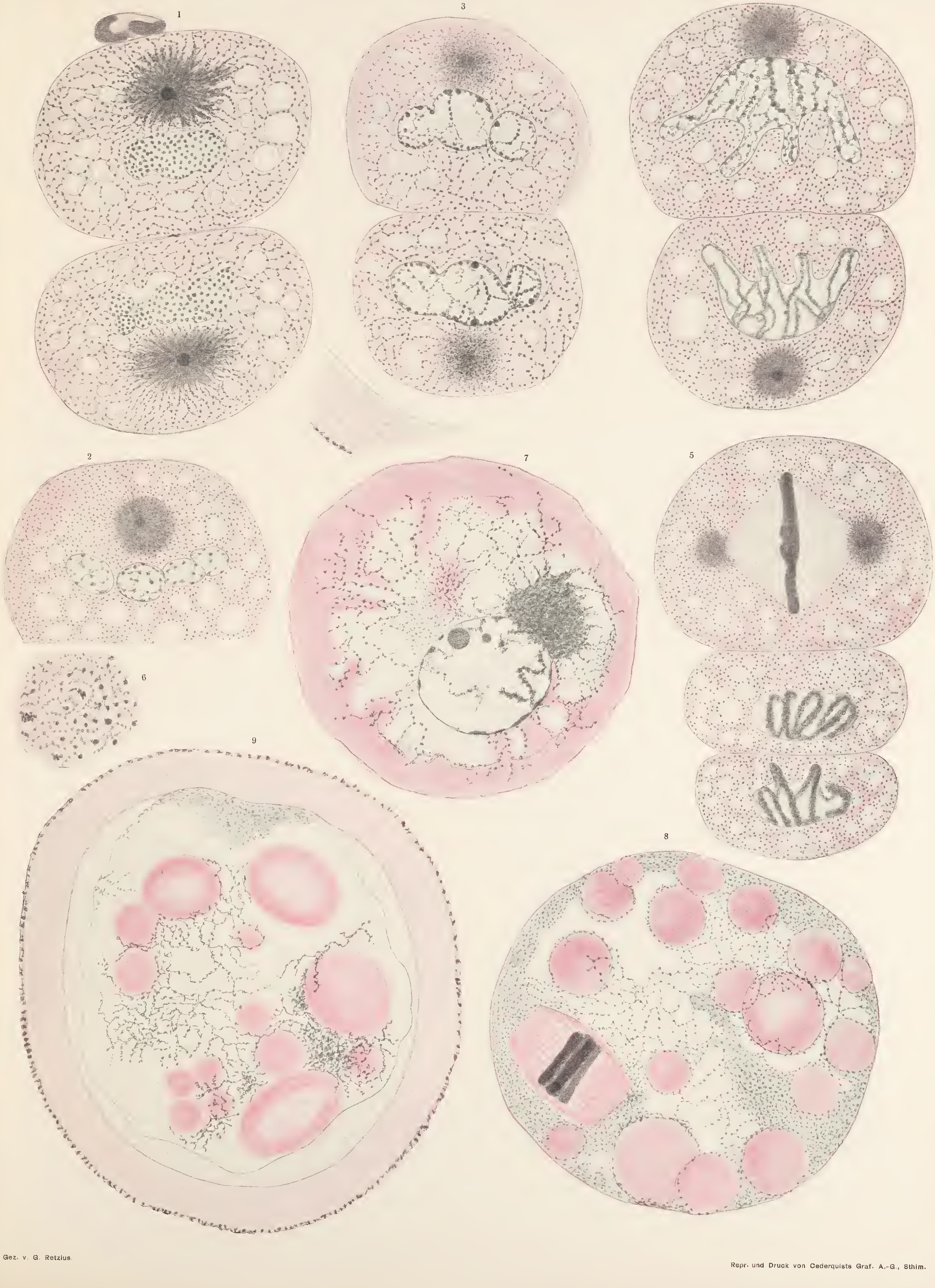
Fig. 6. Kleine Partie der Oberfläche der äusseren Eihülle mit den Körnern.

Fig. 7—9. Eier in Zytolyse. — In *Fig. 7* hat sich die rotgefärbte Dottersubstanz an der Oberfläche des Eies gesammelt; im Inneren des Eies findet sich ein grosser Kern, welcher wahrscheinlich durch eine frühe Vereinigung des Eikerns und des Spermiekerns entstanden ist, und ausserdem sind in dem hellen Raume teils freie, verästelte, gekörnte Fasern des Mitoms, theils ein zusammengeballter Klumpen aus solchen Fasern vorhanden. — *Fig. 8.* In diesem Ei hat sich die Dottersubstanz in der Form grosser runder roter Kugeln aus dem Protoplasma abgetrennt; links liegt eine Richtungsspindel zweiter Ordnung mit den vier eingeschlossenen Chromosomen. Das Fasergeflecht des Mitoms hat sich, teils in zusammengeballter Schicht, an die Eioberfläche und zu einigen in das Innere eindringenden Fortsätzen angesammelt, teils sieht man es als isolierte, körnertragende Fasern den übrigen hellen Raum des Eies durchziehen und die Dotterkugeln umspinnen. — *Fig. 9* stellt ein noch von seiner äusseren Hülle umgebenes Ei, welches sich z. T. von der Innenfläche dieser Hülle getrennt und von seiner eigenen Oberfläche ein sehr dünnes Häutchen abgeschieden hat. Im Eiraum erkennt man eine Anzahl von rötlichen Kugeln und Ovalen (teilweise mit hellem Innenraum), welche aus der von dem Protoplasma geschiedenen Dottersubstanz gebildet sind. Zwischen diesen Kugeln findet man ein Geflecht von körnigen Fasern, welche sich infolge des zytolytischen Prozesses von der Dottersubstanz und der Paramitomsubstanz abgetrennt haben. An der Oberfläche der äusseren dicken Eihülle bemerkt man zahlreiche zerstreute Körner verschiedener Grösse, die sich mit Hämatoxylin stark gefärbt haben. Der Eikern fehlt in dem Schnittpräparate.

In den Fig. 1—5 sieht man die normale Struktur des Eiprotoplasmas, wie dieselbe auch auf den Tafeln XI und XII dargestellt und in den Beschreibungen dieser Tafeln näher erwähnt wurde.

Die Figuren der Taf. XIII sind nach Präparaten wiedergegeben, welche teils in Sublimatlösungen, teils im Carnoyschen Gemisch fixiert und mit Biondischem Gemisch gefärbt worden sind.

Sie sind in zweimaliger linearer Vergrösserung des bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes wiedergegeben.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XIV.

Der Bau und die Ausbildung der Ovarieneier von Ascidia intestinalis L.

(*Ciona canina* O. F. Müller). Mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin gefärbt.

Fig. 1 und 2. Reihen von jungen Eiern an der Wand der Ovarienabteilungen, mit der allmählich eintretenden Ausbildung des Mitomgeflechts und des Keimbläschens mit seinem Nucleolus.

Fig. 3—5. Drei weiter ausgebildete Eier mit dem vermehrten Mitomgeflecht und der auffallenden, homogen erscheinenden, besonders nach einer Seite hin vorhandenen Schwarzfärbung des Eikörpers; das Keimbläschen mit seinem Nucleolus ist stark vergrössert und das Chromatinfadengeflecht, besonders in dem Ei der Fig. 4, vermehrt. In Fig. 3 und 5 sieht man unter der Eihülle flachbauchige Zellen, welche sich in den Eikörper etwas einsenken.

Fig. 6, 7—10, 12—14. Partien von *Vertikalschnitten* aus den höher ausgebildeten Ovarieneiern mit den Eihüllen.

Fig. 6. Partie eines solchen Eies. Unten sieht man ein Stück des Keimbläschens mit dem Chromatingeflecht und der Kernmembran; nach oben davon findet sich das Mitomgeflecht des Eikörpers mit der beginnenden Absetzung von (hier rotgefärbten) Dotterkügelchen; an dem oberen Rande des Eikörpers bemerkt man Gruppen von in ihn eingesenkten, kleinen, rötlich gefärbten Zellen mit sphärischem Kern, die sich anlegenden Testazellen. Nach oben davon erkennt man die aus grossen, mehr weniger rundlichen oder eckigen, hellen Zellen bestehende äussere Eihülle; in diesen Zellen erkennt man in der Mitte einen kleinen, rundlich-ovalen Kern und neben ihm eine rotgefärbte Sphäre mit dem schwarz gefärbten Diplosom sowie von der Sphäre ausstrahlende Züge roter Zellsubstanz, in welcher helle, tropfenförmige, »vakuolähnliche» Bildungen liegen, wodurch die Zelle eine wabige Struktur bekommt.

Fig. 7 gibt in dreimal linear verstärkter Vergrösserung eine kleinere Partie der bei Fig. 6 geschilderten Strukturverhältnisse wieder, nämlich das Mitom des Zellprotoplasmas mit einzelnen roten Dotterkügelchen, die Kernmembran und einige Chromatinfäden, die Testazellen und die wabigen Zellen der äusseren Eihülle; ausserdem bemerkt man aber hier noch an der Aussenfläche dieser Eihülle zwei abgeplattete Kerne, welche dieser Eihülle auswendig anliegenden flachen Zellen angehören.

Fig. 9 stellt in derselben Vergrösserung, wie bei Fig. 6, die Partie eines Vertikalschnitts von einem noch weiter ausgebildeten Ei dar, in dessen Protoplasma die Ausscheidung von Dotterkügelchen schon weit vorgeschritten ist, in dem sie die nunmehr zahlreichen und erweiterten Maschen des Mitomgeflechts als rot gefärbte Gebilde mehr weniger ausfüllen. In der obersten Schicht, in welcher die roten Testazellen liegen, sind aber im Mitom noch keine Dotterkügelchen vorhanden. Die äussere Eihülle zeigt sich hier deutlich als aus im Vertikalschnitt viereckig erscheinenden, wabigen, mit Kern und Diplosom versehenen Zellen zusammengesetzt.

Fig 10 stellt eine ähnliche Partie eines Vertikalschnitts dar. Unten in dem abgebildeten Teil des Keimbläschens findet man den grossen Nucleolus mit einem sehr grossen »Vakuolraum». Im Protoplasma des Zellkörpers erkennt man in den zahlreichen Maschenräumen des Mitoms die rotgefärbten Dotterkügelchen; nur in der oberen Schicht fehlen sie, aber hier bemerkt man, wie es in diesem Stadium oft vorkommt, die Testazellen zu Gruppen angeordnet, welche sich etwas bauchartig in diese Schicht einsenken. Die äussere Eihülle ist hier nicht abgebildet.

Fig. 12. Eine kleine Partie der Oberflächenschicht eines Eies, mit den Testazellen sich zu einer bestimmten Schicht anordnend; links sieht man die als »Chorion» bezeichnete dünne Haut, welche nunmehr die Testazellen von der äusseren Eihülle trennt.

Fig. 13. Oberflächenpartie eines Eies, an dem die Testazellen eine zusammenhängende Zellschicht gebildet haben. Unter ihr sieht man das Mitom des Eiprotoplasmas mit eingelagerten Dotterkügelchen nunmehr bis an die Oberfläche reichen. Über der Testazellenschicht findet sich die äussere Hülle.

Fig. 14. Oberflächenpartie eines Eies mit der Testazellenschicht und dem angrenzenden Mitom, in dem die Dotterkügelchen die Maschenräune einnehmen. Stärkere Vergröss. als in Fig. 13.

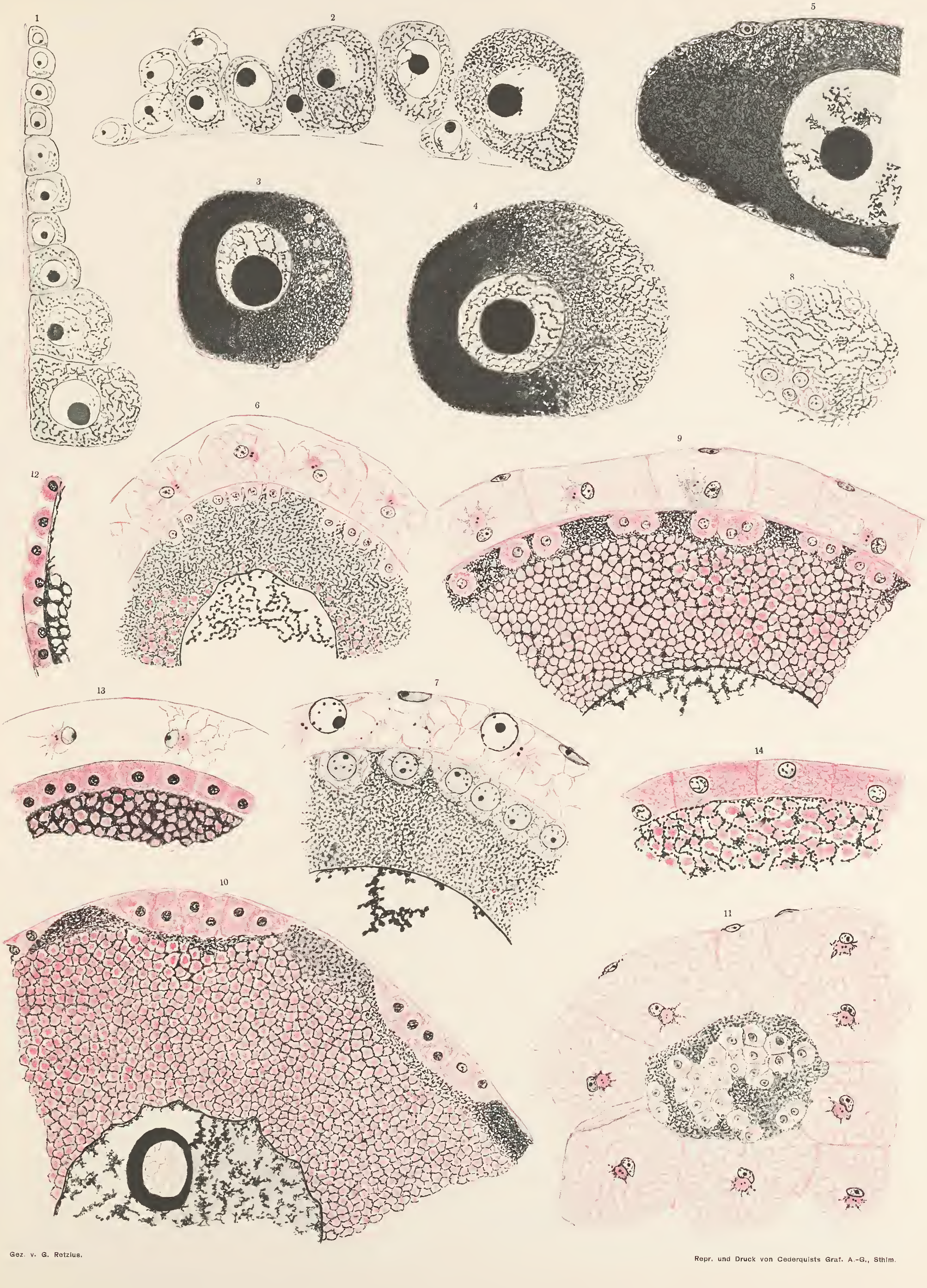
Fig. 8 und 11. *Tangentialschnitte* der Oberflächenschicht des Eies.

Fig. 8 stellt das Mitomgeflecht des Protoplasmas des Eikörpers sehr duchlich dar; in ihm sieht man rotgefärbte eingesenkte Testazellen.

Fig. 11 zeigt in der Mitte das Mitom des Protoplasmas mit eingesenkten Gruppen von Testazellen; ringsum diese Partie sind die Zellen der äusseren Hülle vom Schnitte getroffen. Man erkennt in ihnen den wabigen Zellbau, den Kern und das Diplosom.

Die hier abgebildeten Präparate waren teils in Carnoyschem, teils in Zenkerschem Gemisch fixiert und mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach M. Heidenhain gefärbt.

Mit der Ausnahme der Fig. 7 und 14, welche in drei-, resp. zweimaliger linearer Vergrösserung wiedergegeben wurden, sind alle Figuren dieser Tafel bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 in einfacher Grösse abgebildet.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XV.

Der Bau und die Ausbildung der Eier der Ovarien von Ascidia intestinalis L.

(*Ciona canina* O. F. Müller). Behandlung mit Biondigemisch.

Fig. 1—3. Reihen von ganz jungen und von etwas älteren Ovarieneiern. In allen diesen Eiern findet man die Nukleolen des Keimbläschens *violett*gefärbt; die allmählich auftretenden und sich vermehrenden Chromatinfäden desselben sind ebenfalls violett. In den unter den Reihen der kleinen, jungen Eier liegenden grösseren Eiern (Fig 1, 3) sieht man im Zellkörper (Protoplasma) eine undeutlich hervortretende, bläulich schimmernde, scheckige Körnigkeit; nach der einen Seite dieser Eier geht aber die Körnigkeit in eine zusammenhängende, beinahe homogen bläuliche Partie über (Fig. 1, die vier unteren Eier); in drei von diesen Eiern bemerkt man indessen hier und da im Zellkörper mehr weniger verästelte violette Körnchenreihen, welche den in den Keimbläschen vorhandenen Chromatinfäden sehr ähnlich erscheinen. In den Nukleolen der grösseren Eier der Fig. 1 sieht man eine Anzahl heller »Vakuolen».

Fig. 4, 5, 7—9 stellen noch weiter ausgebildete Eier von einer derartigen Beschaffenheit wie die grösseren der Fig. 1 dar; der Zellkörper zeigt dieselbe bläuliche Scheckigkeit mit stärkerer, mehr homogen blauer Farbe an dem einen Ende des Eies und mit mehr weniger starker. Vermehrung der violetten Körnerhaufen, welche sich in der Regel in einer Zone ringsum das Keimbläschen abgesetzt haben. Die Eier sind von einer sehr dünnen, sich rötlich färbenden Häutchen umgeben, unter welcher ovale, von etwas Protoplasma umschlossene, rote Kerne liegen; an den noch weniger angewachsenen Eiern (Fig. 4, 5, 7) sind diese Kerne noch sparsam vorhanden; an grösseren Eiern vermehren sie sich aber (Fig. 8, 9) und erweisen sich als die Vorläufer der Testazellen, zu welchen sie sich immer mehr umbilden; in Fig. 9 sind sie schon zahlreich und bilden eine beinahe zusammenhängende Schicht. Der Nucleolus ist in allen diesen Zellen eine grosse, sich dunkelviolett färbende Kugel mit hellen »Vakuolen». Die Fig. 6 stellt einen isoliert abgebildeten Nucleolus dieser Art dar. Die Chromatinfäden in den Keimbläschen und die Membranen derselben haben auch eine derartige violette Farbe.

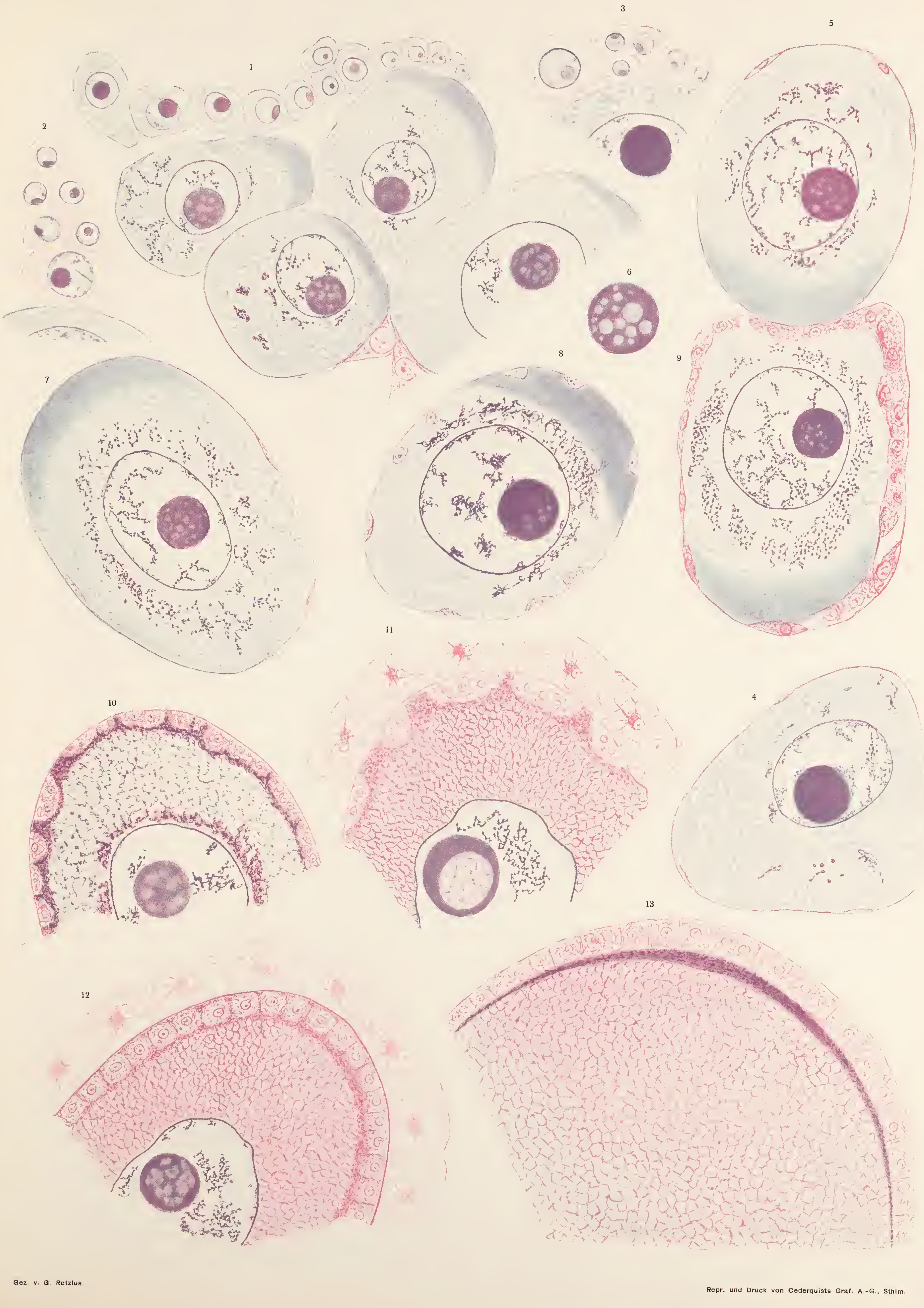
Fig. 10 stellt einen Teil eines weiter ausgebildeten Eies dar; in dem Zellkörper ist noch die bläuliche Scheckigkeit und die violette Körnigkeit vorhanden; es hat sich aber hier die Lage der Testazellen weiter ausgebildet, und eine rotviolette Substanz hat sich um dieselben abgesetzt.

Fig. 11 und **12.** Hier findet man zwei höhere Stadien der Ausbildung der Substanz des Zellkörpers, welche in den betreffenden Präparaten in Menge vorkommen. Das Mitomgeflecht des Protoplasmas nimmt nunmehr nur die rote Farbe an; die in seinen Maschenräumen vorfindlichen Dotterkügelchen färben sich nicht distinkt oder nur sehr schwach rötlich. In Fig. 11 bilden die Testazellen noch nur Gruppen, in Fig. 12 stellen sie eine zusammenhängende Zellage dar; in beiden Figuren erkennt man die aus den grossen, wabigen Zellen bestehende äussere Hülle. Das Keimbläschen hat noch in seinem Nucleolus, seiner Membran und dem Chromatinfadengeflecht die violette Farbe behalten; in Fig. 11 ist im Nucleolus ein grosser Vakuolraum mit einem feinen Netzwerk entstanden.

Fig. 13. Partie eines reifen, schon in dem Abführkanal des Ovariums angetroffenen Eies. Man findet hier dieselbe Struktur des Zellkörpers mit rot gefärbtem Mitommaschengeflecht. Nach innen von der zu einer Eihülle — die frühere äussere Zellhülle ist schon abgeworfen — umgebildeten Testazellenschicht sieht man eine feinkörnig erscheinende Schicht, welche sich besonders an einem Teil des Eies angesammelt und sich rotviolett gefärbt hat.

Die Figuren dieser Tafel rühren von Präparaten aus Ovarien her, welche in Carnoyschem Gemisch fixiert wurden. Färbung im Biondischen Gemisch.

Alle diese Figuren sind bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 ausgeführt.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XVI.

Die Eier der Ovarien von Gobius niger L., in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung.

Mit Eisenalaun-Hämatoxylin und mit Biondigemisch behandelt.

Fig. 1—5. Eier aus den Ovarien, mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin behandelt.

Fig. 1 und *2*. Ganz junge Eier an der Ovariumwand mit dem sich ausbildenden Mitomgeflecht im Zellkörper und Chromatingeflecht im Keimbläschen; in Fig. 2 ist im Keimbläschen ein Spiremstadium sichtbar, und mehrere »Nährzellen» sind den Eiern angeheftet.

Fig. 3. Ein etwas weiter ausgebildetes Ei mit etwas reichlicher ausgebildetem Mitom und beginnender Absetzung des rötlich gefärbten Dotters; links bemerkt man im Zellkörper eine anfangende stärkere Schwärzung. Im Keimbläschen findet sich neben dem grösseren Nukleol noch ein kleinerer.

Fig. 4. Zwei noch etwas weiter ausgebildete Eier mit deutlich ausgeprägten, von dem Mitomgeflecht umsponnenen roten, Dotterbalken und hellen Paramitomräumen zwischen ihnen; im linken Umfang der beiden Eier ist der Zellkörper intensiv und scheinbar beinahe homogen schwarz gefärbt; in den beiden Keimbläschen ist eine Anzahl von kleineren, nukleolartigen, schwarzen Kugeln und ein reichliches Chromatingeflecht vorhanden.

Fig. 5. Noch höher entwickeltes Ei mit den vom Mitomgeflecht umsponnenen, gewundenen, roten Dotterbalken und den zahlreichen kleinen Nukleolen im Keimbläschen. Die allgemeine schwarze Färbung im Zellkörper ist verschwunden.

Fig. 6—15. Eier aus den Ovarien, mit Biondigemisch behandelt.

Fig. 6. Gruppe von ganz jungen Eiern an der Ovarialsackwand, alle mit *grün* gefärbten Spiremfäden in den Keimbläschen.

Fig. 7. Gruppe von etwas weiter ausgebildeten Eiern an der Ovarialsackwand und von einigen mit grünen Kernen versehenen »Nährzellen» umgeben; in den Kernen der Eier selbst findet man links zwei noch mit grüngefärbten Fäden in den Keimbläschen; die übrigen vier, welche schon grösser geworden sind, haben in ihren Keimbläschen *violett* gefärbte Chromatinfäden, und das rechts gelegene grösste Ei hat ausserdem mehrere stark violette Nukleolkugeln; oben in dem mittleren und im rechten Umfang des rechts gelegenen Eies sieht man eine, zwar noch schwache, aber doch merkbare, allgemeine violette Färbung des Zellkörpers.

Fig. 8. Ein noch ziemlich kleines Ei mit violetten Nukleolkugeln und Fäden im Keimbläschen.

Fig. 9—12. Vier Eier aus den Ovarien, von ansteigender Grösse, mit je einem stark violetten Nukleol und violetten Chromatinfäden in den Keimbläschen. In allen diesen Eiern bemerkt man eine mehr weniger starke allgemeine violette Färbung des Zellkörpers, und zwar am stärksten in Fig. 10, ein wenig geringer in Fig. 11 und noch etwas geringer in Fig. 12, aber stets etwas kräftiger an der einen Seite des Eies.

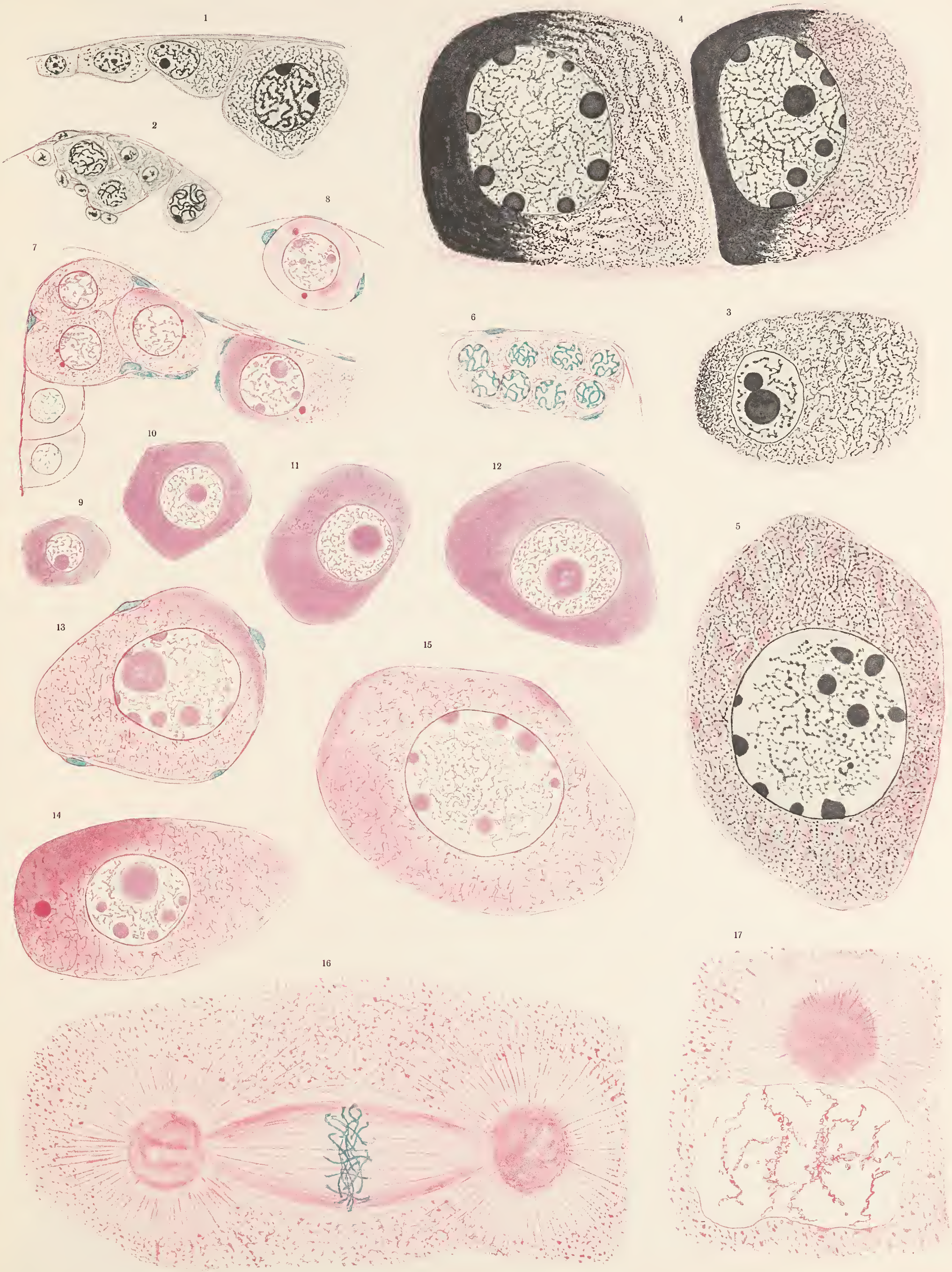
Fig. 13—15. Drei noch grössere Eier, von denen die zwei links liegenden je einen grossen Nucleolus und mehrere kleinere, alle, wie auch die Chromatinfäden, stark violett, besitzen; das grösste Ei aber (Fig. 15) hat, wie das in Fig. 5 abgebildete, nur kleine Nukleolen; in den drei in Fig. 13, 14 und 15 wiedergegebenen Eiern ist die allgemeine violette Färbbarkeit zurückgetreten und nur in kleineren Partien des Zellkörpers noch vorhanden, und zwar am wenigsten in dem grössten.

Fig. 16. Partie vom Inneren einer Blastomere einer in vier solche gefurchten Keimscheibe mit der roten zwischen zwei Zentrosphären ausgespannten Teilungsspindel, an deren Äquatorregion die *grün* gefärbten Chromosomen liegen.

Fig. 17. Partie vom Inneren einer Blastomere einer in vier solche gefurchten Keimscheibe mit dem nach einer Teilung ruhenden Kern, in welchem nur *rot* gefärbte Chromatinfäden vorhanden sind; neben diessem Kern sieht man die noch nicht geteilte Zentrosphäre.

Die hier abgebildeten Eier waren mit Carnoyschem Gemisch fixiert, die in Fig. 1—5 mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin und die in Fig. 6—17 mit Biondigemisch gefärbt.

Alle Figuren der Tafel sind bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12, und die Fig. 16 und 17 ausserdem in dreimaliger linearer Vergrösserung wiedergegeben.



Gez. v. G. Retzius. Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XVII.

Die Struktur des Keimplasmas der Eier von Gobius niger L.

Färbung mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin.

Fig. 1. Vertikalschnitt durch das Keimplasma eines mit Meerwasser behandelten Eies; oben ist der Rand der Oberfläche, unten sieht man den Rand des Dotters mit schwarz gefärbten Dotterkugeln. Das ganze zwischenliegende Feld enthält reines Protoplasma mit den gewunden verlaufenden, hier und da dichotomisch verästelten, gekörnten Fasern, welche in geflechtartiger (nicht netzartiger) Anordnung die ganze Dicke der Keimscheibe, als ein echtes Mitom, durchspinnen und zwischen sich die helle unstrukturierte Substanz, das Paramitom, in etwas verschiedener Menge besitzen, wodurch die Zwischenräume des Mitomgeflechts teilweise etwas verschieden stark erweitert erscheinen.

Fig. 2—6. Kleine Partien von Schnitten durch das Protoplasma der Keimscheibe in noch dreimal stärkerer linearer Vergrösserung als die der Fig. 1. In Fig. 3 und 4 sind einige rot gefärbte Dotterkugeln in das Mitomgeflecht eingeschlossen, in Fig. 6 sieht man die Grenzpartie zwischen dem Keimplasma und dem Deutoplasma, in dem schwarz und rot gefärbte Dotterkugeln liegen. Alle diese Figuren stellen die Geflechtanordnung des Mitoms im Stadium »der Ruhe» des Protoplasmas dar, in welchem keine Strahlung desselben eingetreten ist.

Fig. 7. Partie von einem Vertikalschnitt des Keimplasmas der Blastomere eines 4-gefurcheten Eies, in welchem das Mitom sich infolge einer eingetretenen Furchung aus der geflechtartigen in die strahlige Anordnung übergegangen ist. Unten-rechts ist der Schnitt quer, in den übrigen Teilen schief durch die Strahlungsfäden getroffen. In der Nähe der Oberfläche (oben am Rande der Blastomere) gehen die Fäden in eine immer mehr längsgetroffene Richtung über, und verästeln sich teilweise dichotomisch. Einzelne rotgefärbte Dotterkugeln sind zwischen den Fäden sichtbar.

Fig. 8. Ruhender Eikern einer Blastomere mit oben angrenzendem geflechtartigem Mitom des Keimplasmas.

Fig. 9. Partie von dem Vertikalschnitt einer Blastomere eines zweigefurchten Eies mit der Teilungsspindel, in deren Mitte die schwarz gefärbten Chromosomen liegen. An den Spindelpolen finden sich die zwei Zentrosphären mit je einem kleinen, schwarz gefärbten Zentralkörper. Die Strahlungsfasern der Zentrosphären laufen an der Peripherie, dichotomisch verästelt, in das umgebende perlenschnurartig gekörnte Mitomgeflecht über, welches bis an die mit einer schwarzgefärbten Hülle bedeckte Oberfläche des Keimplasmas der Blastomere reicht. Die perspektivische Darstellung des Mitoms ist durch verschieden starke Färbung der Geflechtsfäden in der Figur angegeben.

Fig. 10. Partie von einem Vertikalschnitt der Blastomere einer 4-gefurchten Keimscheibe. Grenzpartie zu dem Deutoplasma, von welchem einige schwarz gefärbte Dotterkugeln angegeben sind. Diese Keimplasmapartie war in das Deutoplasma teilweise eingestülpt. Die Fäden des Mitoms werden nach der Grenzschicht hin immer dicker und weniger verästelt; sie enden mit knotigen, sich umbiegenden Verdickungen.

Fig. 11. Einige der in Fig. 10 vorhandenen Fadenenden in zweimaliger linearer Vergrösserung.

Alle Figuren der Tafel sind nach Präparaten abgebildet, welche in Carnoyschem Gemisch gehärtet und in Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin gefärbt waren.

Sie sind sämtlich bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12; aber ausserdem die Fig. 2—6 und 9 in dreimaliger, die Fig. 8 und 11 in zweimaliger linearer Vergrösserung, wiedergegeben.

TAF. XVII.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf A.-G., Sthlm.

Tafel XVIII.

Die Struktur des Protoplasmas in den sich furchenden Eiern von Gobius niger.

Färbung mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin.

Fig. 1. Blastomere aus einem mehrgefurchten Ei mit dem Kern im Ruhestadium und der anliegenden rotgefärbten Zentrosphäre, von welcher als Zentrum die Fasern des Mitoms in schöner Sonnenstrahlanordnung ausgehen, um erst in der Nähe der Oberfläche teilweise dichotomisch verästelt zu werden. Zwischen diesen Fasern sieht man in der hellen Paramitomsubstanz einzelne rotgefärbte Dotterkugeln.

Fig. 2. Blastomere aus einem mehrgefurchten Ei im Spindelstadium der Teilung mit den schwarzgefärbten Chromosomen am Äquator der Spindel angeordnet. Von den an den beiden Polen der Spindel liegenden, rot gefärbten Zentrosomen als Zentra strahlen die Fasern des Mitoms in schön regelmässiger Anordnung aus und gehen an der Oberfläche und in der Äquatorpartie der Zelle in gewundene, dichotomisch verästelte, noch deutlicher gekörnte Fasern über. Zwischen ihnen liegen in den hellen Paramitomräumen einzelne teils rot, teils schwarz gefärbte Dotterkugeln.

Fig. 3. Blastomere aus einem mehrgefurchten Ei in noch weiter avanzierter Teilung, mit beginnender Einschnürung und mit den zwei Gruppen der geteilten Chromosomen an die polaren Enden der ausgezogenen Spindel, resp. die Zentrosomen, angelangt. Ringsum diese letzteren als Zentra sieht man, wie in Fig. 2, die Fasern des Mitoms in schön regelmässiger Anordnung sonnenförmig nach der Oberfläche hinausstrahlen.

Fig. 4. In der Mitte liegt eine Blastomere, von acht umgebenden, nur teilweise abgebildeten Blastomeren eingefasst. In der mittleren sieht man eine Anzahl kleiner Bläschen, welche nach einer Teilung aus den zurückgebliebenen Chromosomen entstanden sind und sich noch nicht, wie in Fig. 1, zu einem ganzen Kern vereinigt haben; um den oberen Umfang dieser Bläschengruppe liegt eine rot gefärbte Zentrosomsubstanz, von welcher als Zentrum die Fasern des Mitoms sonnenartig, mehr oder weniger gerade, ausstrahlen und die Oberfläche der Blastomere erreichen, wo sie sich teilweise verästeln oder sich umbiegen und oft etwas knopfenförmig verdickt endigen. In den umgebenden Blastomeren sieht man z. T. diese verdickten Enden der Fasern noch stärker ausgesprochen, teilweise schief von oben her. In der zwischen den Fasern befindlichen hellen Paramitomsubstanz liegen, in der Nähe der Oberfläche, einzelne rot gefärbte Dotterkugeln.

Fig. 5. Partie von dem Vertikalschnitt durch die Abschnürungsfurche einer Keimscheibe, welche sich zur ersten Teilung bereitet. Die Fasern des Mitoms, welche von der einen zu der anderen Hälfte der Scheibe hinüberläuft und die bei der schliesslichen Abschnürung geteilt werden sollen, verlaufen in der vorliegenden Periode quer und brückenförmig hinüber; oben, unter der angelegten Furche, sind sie der Furche parallel angeordnet; tiefer hinab wird diese ihre Biegung allmählich geringer, aber fortwährend aneinander ziemlich parallel und nur mehr ausnahmweise einander kreuzend; sie sind hier merkbar verdickt und wenig verästelt; nach dem Inneren der beiden Hälften der Keimscheibe hin erscheinen sie deutlich feiner und, dichotomisch verästelt, in das Mitomgeflecht auslaufend.

Fig. 6 und 7. Partien von weiter avanzierten Furchungen der Blastomeren zweier schon mehrfach geteilter Keimscheiben. In Fig. 6 sieht man die noch vorhandene Brücke breiter, in Fig. 7 schmäler und zur Abschnürung bald fertig. In beiden diesen Brücken bemerkt man aneinander parallel angeordnete Fasern des Mitoms, welche nach den beiden neuen Blastomeren voneinander ausstrahlen und dann etwas gewunden verlaufen. Bei der Trennung der beiden Blastomeren entsteht gewöhnlich zuletzt zwischen ihnen ein Raum (Fig. 7), durch welchen die schmale Brücke ausgespannt ist, bevor sie berstet. In den in diesen beiden Figuren (6 und 7) abgebildeten, sich teilenden Blastomeren erkennt man im übrigen ungefähr dieselbe Struktur, wie die mittlere Blastomere der Fig. 4, indem in beiden der Kern aus einer Anzahl noch nicht verschmolzener kleiner Bläschen besteht, und die Fasern des Mitoms sonnenstrahlenartig um diese »Kernrede« als Zentrum angeordnet sind.

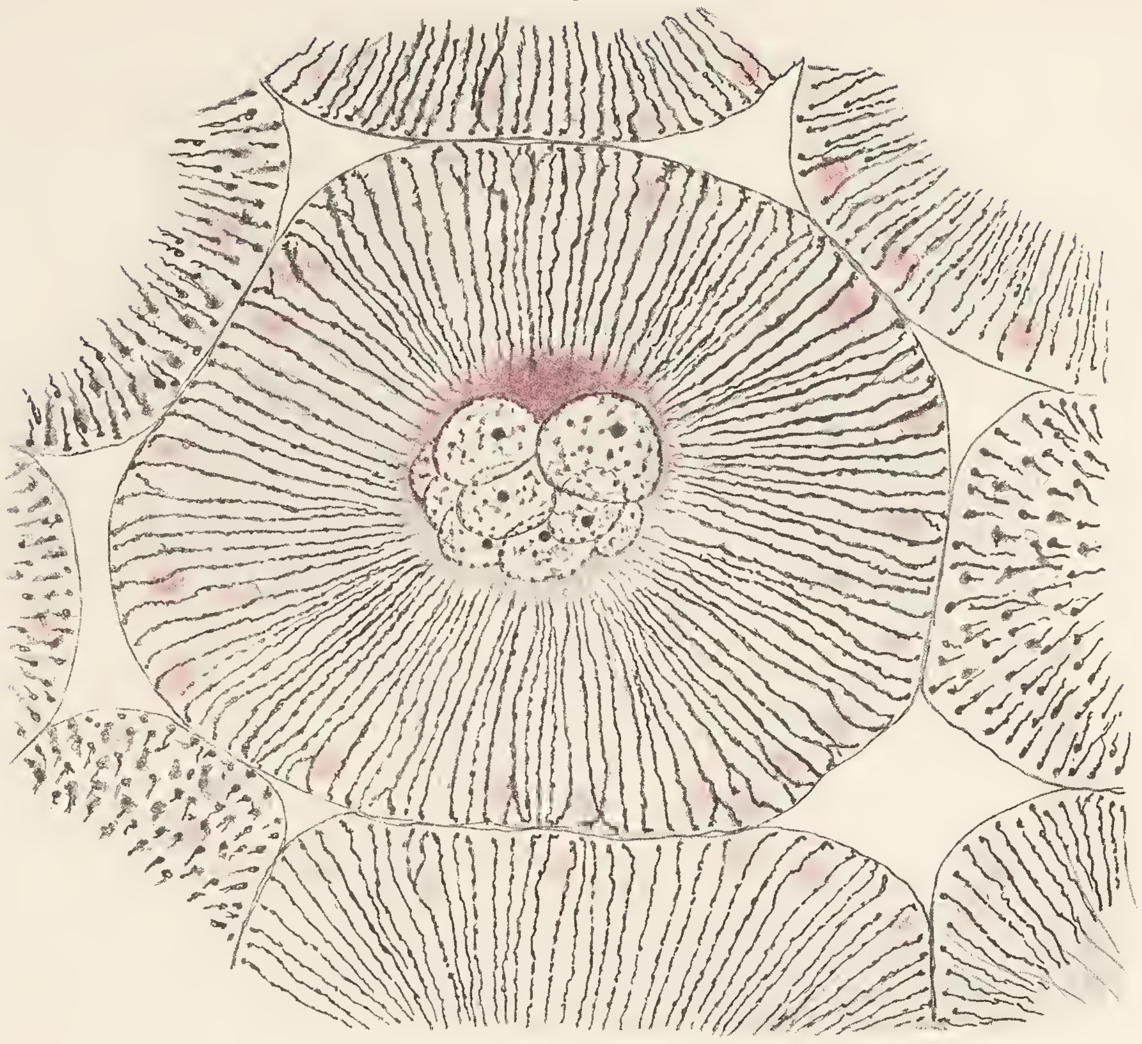
Die hier abgebildeten Präparate stammen aus einem mit Carnoyschem Gemisch fixierten Material und sind mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach Heidenhain gefärbt.

Die Figuren 1—4, 6—7 sind in zweimaliger linearer Vergrösserung des mit Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes, die Fig. 5 ohne die zweimalige lineare Vergrösserung wiedergegeben.

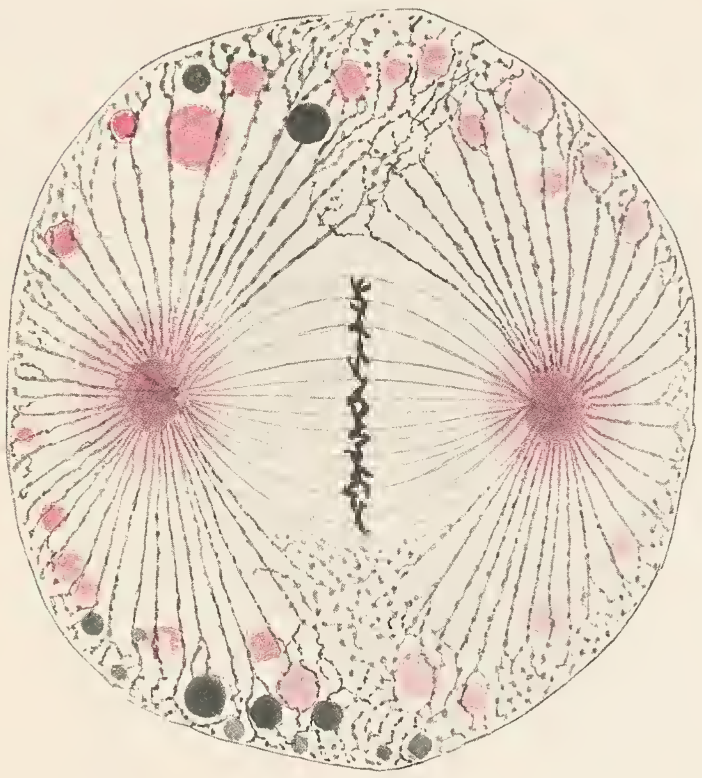
1



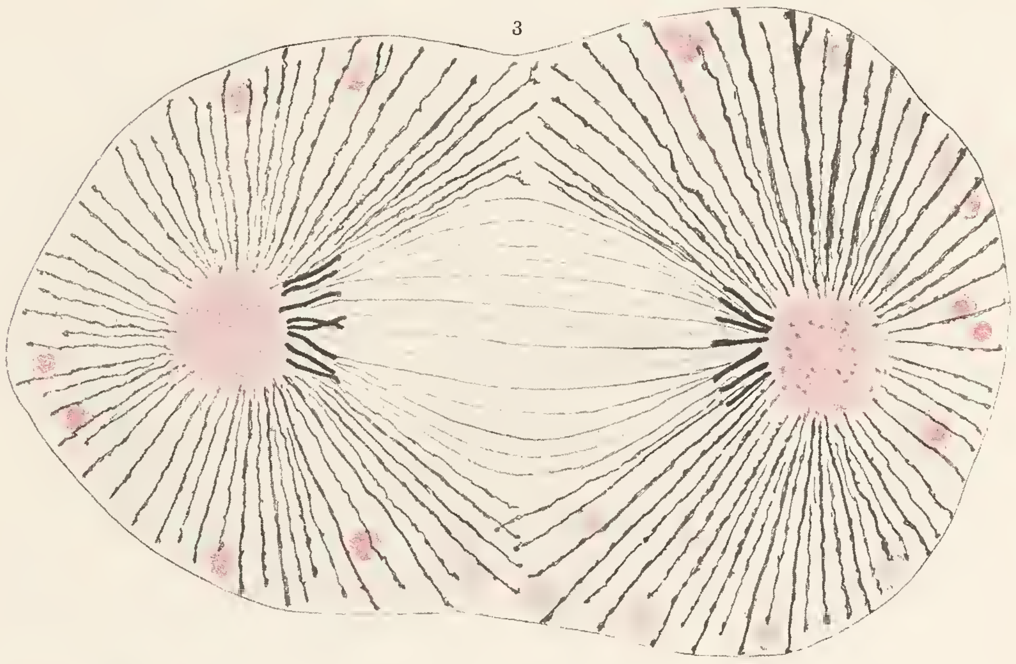
4



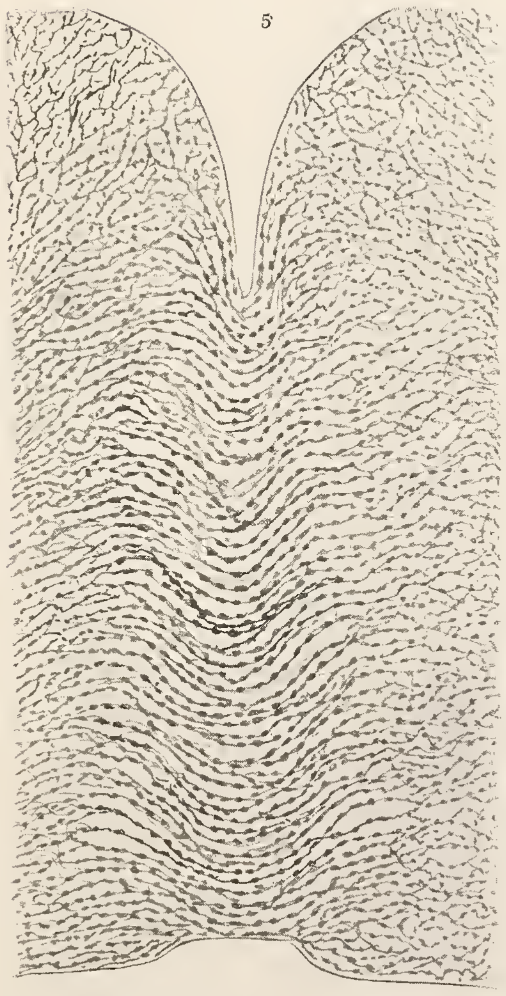
2



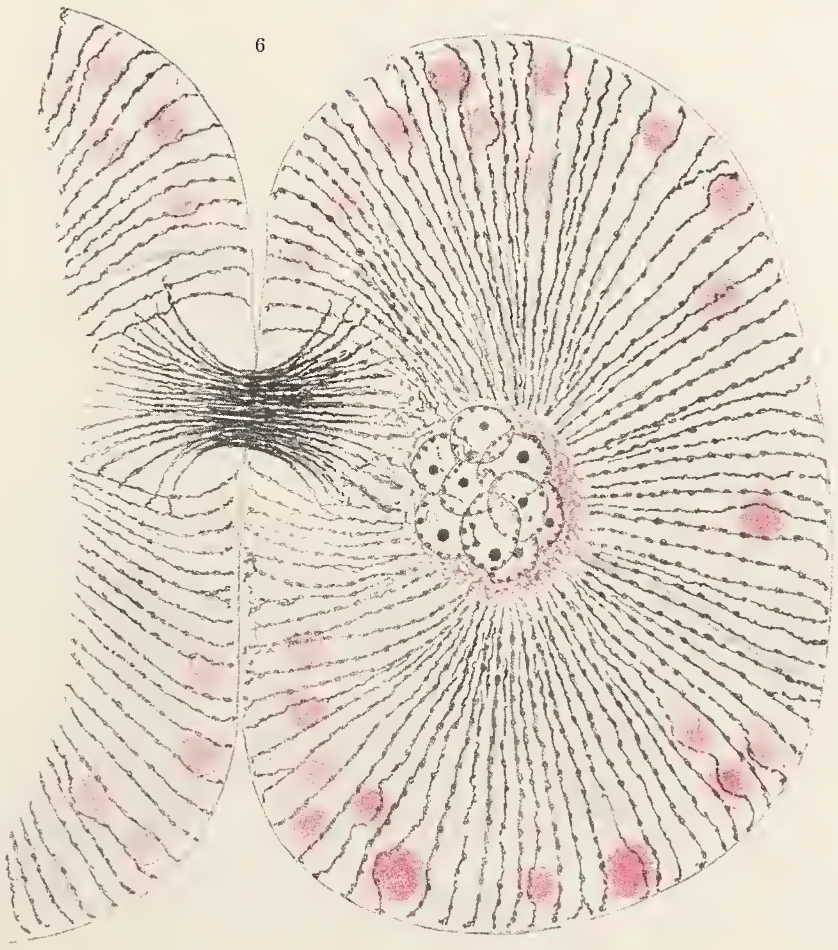
3



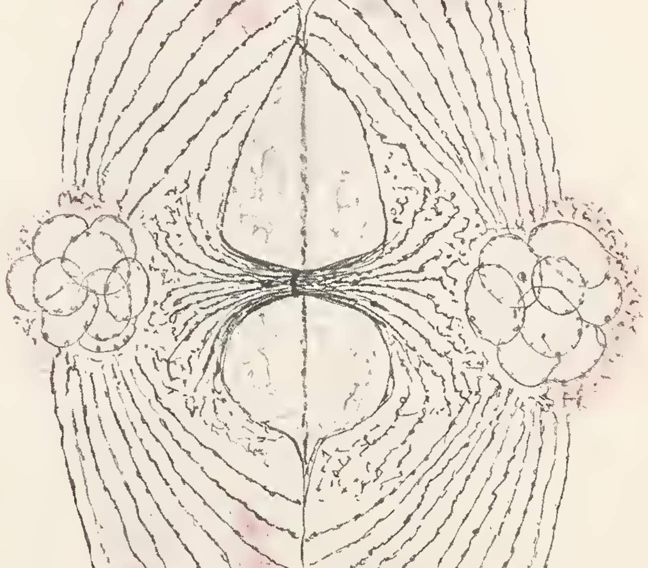
5



6



7



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XIX.

Der Bau der Eier von verschiedenen Wirbellosen und Wirbeltieren.

Färbung teils mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin, teils mit Biondigemisch.

Fig. 1—5. *Sagartia viduata.* Vertikalschnitte durch eierführende Septa (Ovariallamellen), mit dem entodermalen Epithel (oben) und Partien von Eifollikeln (unten) in den *Figuren 1—4.* In den *Fig. 1—3* und *5* sind durch die Behandlung mit Eisenalaun-Hämatoxylin in dem Zellkörper der Eier die gewundenen gekörnten Fäden des Mitoms in schwarzer Farbe dargestellt; zwischen ihnen sieht man die durch Eosin rot gefärbten Dotterkörner, welche in den kleinsten Eiern hier noch fehlen. Die Keimbläschen sind verhältnismässig gross und mit grossem Nucleolus und stark ausgebildeten Chromatinsträngen versehen. In den grössten Eiern *(Fig. 2* und *5)* findet man die Keimbläschen oft geschrumpft. Durch die Biondifärbung bekommt man in den Eiern, wie auch in dem Epithel, keine grüne Färbung, sondern nur eine rote, mit violettem Anstrich in dem Nucleolus der Keimbläschen *(Fig. 4)*.

Fig. 6 und **9.** *Aurelia aurita.* Zwei kleine Partien von Schnitten durch beinahe reife Eier mit dem schwarzen Mitomgeflecht und den roten Dotterkugeln (*Fig. 6* und *7*). In den *Fig. 8* und *9* sind zwei mit Biondigemisch behandelte Eier abgebildet; sowohl die Nucleoli als die Chromatinfadenhaufen sind kräftig violett gefärbt; aber auch das Mitom des Zellkörpers hat diese Farbe bekommen.

Fig. 10 und **11.** *Pieris brassicae.* Vertikalschnitte durch die Oberflächenpartie der Eier mit dem Mitom und einigen rot und schwarz gefärben Dotterkugeln; oben findet sich die durchgeschnittene Hülle.

Fig. 12. *Musca vomitoria.* Partie von einem Schnitte eines Eies mit Mitom und Dotterkugeln.

Fig. 13—18. *Astacus fluviatilis.* Junge Eier verschiedener Grösse mit dem geschwärzten Mitom (*Fig. 13—17*), und ein Ei nach Biondifärbung (*Fig. 18*), mit violettem Kern, im übrigen rot.

Fig. 19—23. *Priapulus caudatus.* Eier in verschiedenen Stadien der Ausbildung, mit geschwärztem Mitomgeflecht und (*Fig. 21—23*) roten Dotterkugeln.

Teils in Carnoyschem, teils in Zenkerschem Gemisch fixiert. Die Fig. 1—3, 5—7, 10—17, 19—23 mit Eisenalaun-Hämatoxylin; Fig. 4, 8, 9, 18 mit Biondigemisch gefärbt.

Alle Figuren der Tafel sind bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 wiedergeben.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XX.

Der Bau der Eier von verschiedenen Wirbeltieren.

Färbung teils mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin, teils mit Biondigemisch.

Fig. 1—3. *Amphioxus lanceolatus.* Eier aus den Ovarien.

Fig. 1. Ziemlich junges Ei mit schwarzgefärbten Fasern des Mitoms und roten Dotterkugeln. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 2. Höher ausgebildetes Ei mit schwarzgefärbten Fasern des Mitoms und schwarzgefärbten Dotterkugeln. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 3. Vier Eier in verschiedener Ausbildung. Violett gefärbte Nukleolen; die der grösseren zwei Eier zeigen je einen ansehnlichen »Vakuolraum«. Die Chromatinkörnerfäden der Kerne sind violett. Die Dotterkugeln sind auch violett gefärbt. An dem unteren Rande des grössten Eies bemerkt man eine violette Randpartie. Die Kerne seiner dünnen Hülle sind grün. Biondifärbung.

Fig. 4 und **5.** *Myxine glutinosa.* Partien von Vertikalschnitten aus jungen Eiern.

Fig. 4. Unten eine Partie vom Eikern mit dem Chromatingeflecht. Nach oben davon der Eikörper mit dem feinen, dichten Mitom und der geschichteten Eikapsel. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 5. Unten eine Partie vom Eikern mit dem grossen, violett gefärbten Nucleolus (mit Vakuolen) in dem mit violetten Chromatinfäden versehenen und von violetter Membran umgebenen Eikern. Das Protoplasma des Eikörpers rötlich violett. Die geschichtete Eikapsel mit roten Lamellen und intensiv grünen Kernen. Biondifärbung.

Fig. 6—9. *Squalus acanthias.* Partien von Vertikalschnitten junger Eier.

Fig. 6 und *7.* Von der oberflächlichen Partie des Eies mit Lamellen der schwarzgefärbten Eikapsel. Nach unten von derselben sieht man das schwärzlich gefärbte Mitom des Eikörpers mit gekörnten Fasern in dem helleren Paramitom und den rötlichen Dotterkugeln; in Fig. 7 ist die Mitomsubstanz zu Alveolarräumen ausgebildet, in welchen rötliche Dotterkugeln liegen; an den Räumen, aus welchen diese Kugeln ausgefallen sind, sieht man besonders deutlich die dünnen, mit Mitomfasern versehenen Scheidewände und die in den Bodenwänden verlaufenden, dichotomisch verästelten Fasern des Mitoms. Nach oben hin geht dieser Bau in den gewöhnlichen, geflechtartigen Bau über. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 8. Partie des Eikörpers in der Umgebung des Eikerns (unten) mit schön ausgebildetem Mitomgeflecht, in welchem rötlich gefärbte Dotterkugeln liegen. Im Eikern erkennt man das körnige Chromatinfadengeflecht und zahlreiche kleine Nukleolkugeln. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 9. Partie vom Eikern (links) mit dem roten Mitomgeflecht des Eikörpers (rechts). In dem Eikern sieht man das violett gefärbte Mitomgeflecht mit den stark violetten Nukleolkugeln. Biondifärbung.

Fig. 10—12. *Molge palustris.* Partien von Vertikalschnitten junger Eier. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 10. Von einem noch ganz jungen Ei mit undeutlich faseriger Ausbildung des Mitoms.

Fig. 11. Partie der Eikörpersubstanz in der Umgebung des Kerns (unten). In der Eikörpersubstanz sieht man in schöner Ausbildung die gekörnten windenden Fasern des Mitoms, welche um den Kern eine dünne Lage bilden und nach oben hin sich zwischen den ovalen Dotterkörnern schlingern.

Fig. 12. Eine kleine Partie solcher dichotomisch verästelter Fasern zwischen den Dotterkörnern.

Fig. 13—16. *Coloeus Monedula.* Partien von Vertikalschnitten junger Eier.

Fig. 13. Schnitt durch die zellige Eihülle und den Eikörper, in dessen Protoplasma man die Fasern des Mitoms erkennt. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 14. Schnitt durch einen Teil des Kerns (unten) und den umgebenden Eikörper (oben) mit dem deutlich hervortretenden Mitom. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 15. Schnitt durch die zellige Eihülle und den Eikörper in Biondifärbung. Nur rötlich-violette Farbe, auch in dem kleinen Nukleolkorn.

Fig. 16. Schnitt durch einen Teil des Kerns (unten) und den umgebenden Eikörper, in Biondifärbung. Nur rötlich-violette Farbe, auch im Nukleolkorn.

Fig. 17—19. *Homo sapiens.* Vertikalschnitte junger Eier der Ovarien.

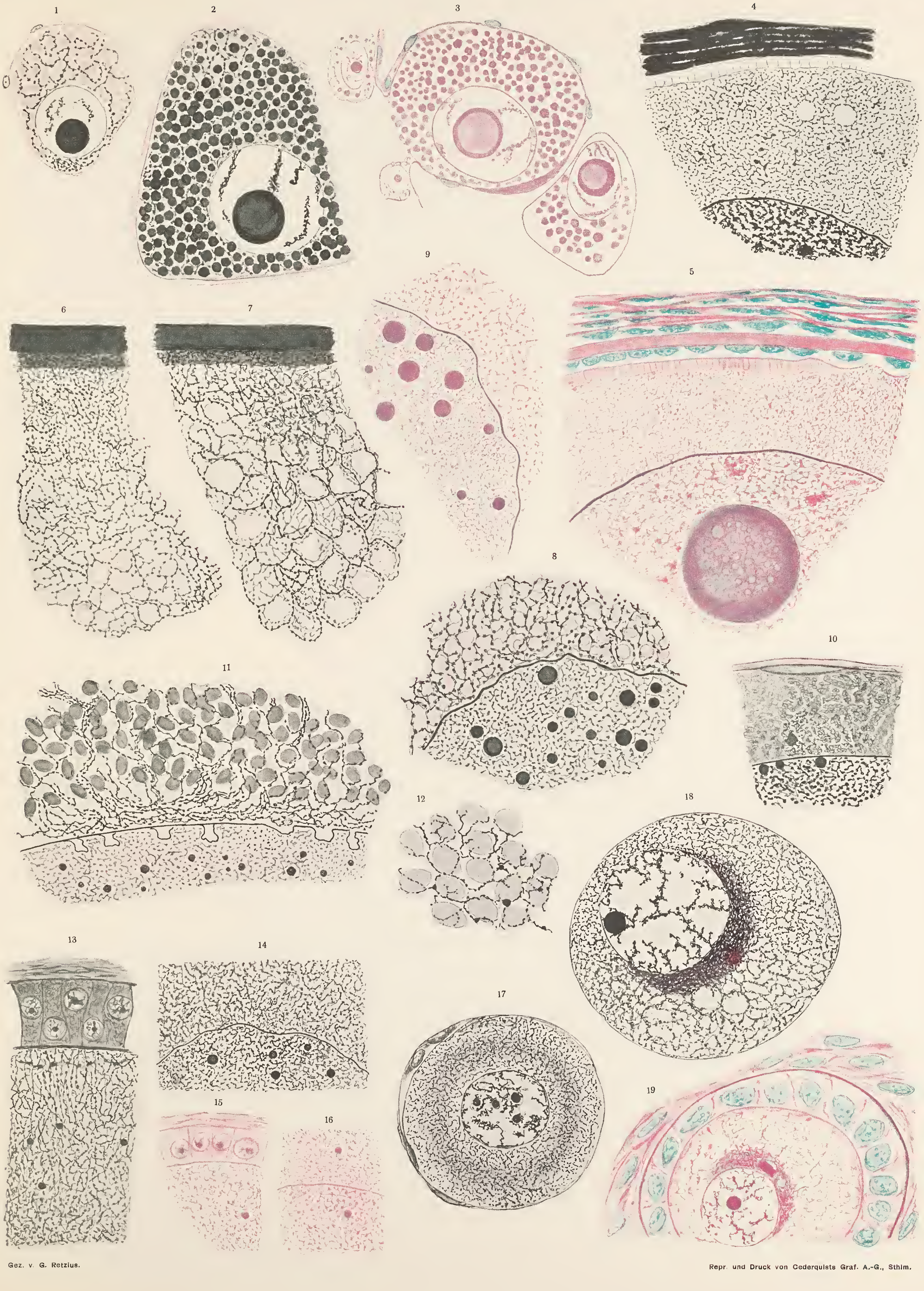
Fig. 17 von einem Neugeborenen. Feines Mitom im Eikörper, mit einer etwas verdichteten Schicht in einiger Entfernung vom Keimbläschen. Dünne Follikelhülle. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 18. Junges Follikelei von einer 25-jährigen Frau. Die Faserung des Mitoms deutlich ausgeprägt. Im Umfang des Keimbläschens eine halbmondförmige, stark verdichtete Partie des Mitoms mit einem eingeschlossenen, rot gefärbten Körper im Aussenrande. Hämatoxylin-Eosinfärbung.

Fig. 19. Junges Follikelei einer 25-jährigen Frau. Biondifärbung. Der Nucleolus des Keimbläschens dunkelviolett gefärbt; die Chromatinfäden desselben etwas mehr rötlich-violett. Das Mitom des Eikörpers rötlich. Die Kerne der Zellen des Follikels grün; ebenso die Kerne in dem umgebenden Gewebe.

Die Fig. der Tafel sind nach Präparaten, welche teils im Zenkerschen Gemisch (Fig. 6—16), teils im Carnoyschen (Fig. 1—5 und 17—19) fixiert worden sind, wiedergegeben.

Alle Figuren sind bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 abgebildet.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XXI.

Das Verhalten der Nervenzellen zur Biondifärbung.

Fig. 1. *Myxine glutinosa.* Zwei Nervenzellen in einem Querschnitte des Rückenmarks. Die Zellkörper haben die rote Farbe angenommen, ebenso die Chromatingeflechte der Kerne; die Nukleolen aber haben sich violett gefärbt. Die Kerne der Neurogliazellen sind grün.

Fig. 2—4. *Squalus acanthias.*

Fig. 2 und 3. Partien von Querschnitten des Rückenmarks junger Embryonen; oben ist der Rand des Zentralkanals mit darunter liegenden Neuroblasten, von denen die sich teilenden Zellen im Spindelstadium mit stark grünen Chromosomen versehen sind, die übrigen aber Kerne mit violett gefärbten Chromatinnetzen haben.

Fig. 4. Eine Nervenzelle aus dem Ganglion trigemini des erwachsenen Haies mit rotem Zellkörper und rotem Chromatingeflecht im Kern, aber mit stark violettem Nucleolus. Neben dieser Zelle sieht man ein kleines Stück einer markhaltigen Nervenfaser mit rotgefärbtem Axenzylinder, grünem Kern in einer Zelle der Schwannschen Scheide und grünem Kern in einer Zelle der Endoneuralscheide.

Fig. 5—6 a. *Salamandra maculata.*

Fig. 5. Querschnitt von dem Rückenmark (links) und einem Spinalganglion (rechts) einer Salamanderlarve mit Neuroblasten und sich ausbildenden Nervenzellen. In den Neuroblasten sind die Kerne nur grün, in den Nervenzellen teils nur grün, teils mit mehr weniger zahlreichen eingestreuten violetten Körnchen in den Kernen und mit rötlich gefärbten Zellkörpern. Die Kerne der Bindgewebszellen und der Chordascheide (unten) sind grün; ebenso die Kerne der quergestreiften Muskelzellenbündel (rechts vom Spinalganglion).

Fig 6. Einer stärker vergrösserte Partie von einem Querschnitt des Rückenmarks einer Salamanderlarve in demselben Stadium der Entwicklung wie in Fig. 5; eine Zellgruppe vom vorderen Horne mit den quergeschnittenen Markfasern der Vorder-Seitenstränge; unten sieht man eine grössere Vorderhornzelle mit ihrem rot gefärbten Ausläufer und in dem grossen Kern einen violett gefärbten Nucleolus sowie mit violetten Chromatinfäden mit nur noch einzelnen grünen Körnern; in den übrigen Nervenzellen ist das meiste Chromatin noch stark grün; in einigen jedoch mit mehr weniger zahlreichen eingemischten rötlich violetten Körnern.

Fig. 6 a. Partie vom Querschnitt des Rückenmarks einer erwachsenen Salamander. Eine Nervenzelle aus dem Vorderhorn mit dunkel violettem Nucleolus und violettem Chromatinkörnergeflecht. Die zwei rechts davon gelegenen Kerne gehören Neurogliazellen an.

Fig. 7—7 a. *Lepus cuniculus.* Erwachsenes Tier. Nervenzellen.

Fig. 7. Drei Nervenzellen vom Ganglion gasseri mit violetten Kernen (Nucleoli, Chromatinkörnerfäden, Membran violett gefärbt). Die Kerne der Schwannschen Scheiden und des Endoneuriums sind sämtlich grün.

Fig. 7 a. Eine motorische Nervenzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks; der Zellkörper mit der Tigroidsubstanz rot, das Kerngerüst ebenso, der Nucleolus dunkel violett. Die Kerne der Neurogliazellen in der umgebenden grauen Substanz sind grün.

Fig. 8—10. *Retina,* Vertikalschnitte. Schwache Vergrösserung.

Fig. 8. Von *Salamandra maculata.*

Fig. 9. Von *Coloeus monedula.*

Fig. 10. Von *Lepus cuniculus.*

In allen diesen drei Schnitten, welche von der Retina erwachsener Tiere herrühren, sieht man die grüne Färbung der Kerne in den beiden Körnerschichten; die Kerne der Nervenzellen der Opticusschicht sind in den Fig. 8 und 9 ebenfalls grün, in Fig. 10 rot. Rechts von der Fig. 10 sind vier äussere Körnerzellen mit ihren hellen Querbändern in freier Lage abgebildet.

Die Präparate, welche in den Figuren dieser Tafel wiedergegeben sind, wurden teils im Zenkerschem, teils im Carnoyschen Gemisch gehärtet und in Biondischem Gemisch gefärbt.

Die Fig. 1—4 sind in dreimaliger Vergrösserung des bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes wiedergegeben; die Fig. 6, 6 a, 7, 7 a, sind bei dieser Vergrösserung ohne die dreimalige lineare Vergröss. dargestellt; die Fig. 5, 8—10 sind bei Zeiss' 2 mm., Ap. 1,3 und Ok. 4 abgebildet.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XXII.

Das Verhalten der sich entwickelnden Spermien des Menschen zu dem Biondigemisch.

Fig. 1. Partie von einem Vertikalschnitte einer Testisröhre mit dem sezernierenden Epithel in verschiedenen Stadien seiner Wirksamkeit und mit seiner wechselnden Affinität zu den Farben des Biondigemisches abgebildet. Oben die geschichtete Wandung. Unter ihr zunächst die Lage der Spermiogonien und die der Wandung angehefteten Füsse zweier Sertolischen Zellen. Zwishen diesen und nach unten von den Spermiogonien sieht man die Spermiozytenlage erster und zweiter Ordnung mit Kernen in verschiedenen Phasen von Teilung und Ruhe und in wechselnder Farbe (grün und violett); rechts eine Gruppe von sechs Spermiozyten im Spindelstadium; unten an dem Lumen der Röhre, in der Mitte, vier Praespermiden mit Kernen in der Ruhephase mit violettem Kerngerüst und nach rechts von ihnen zwei Spermiden, deren kleine Kerne ein gemischtes violettes und grünes Gerüst enthalten sowie weiter nach rechts fünf Spermiden mit grünen Kernen. Diese Spermiden liegen neben dem Lumen der Röhre in dem inneren Teil der nach rechts befindlichen Sertolischen Zelle. In der nach links befindlichen Zelle dieser Art sind die eingebetteten Spermiden noch weiter entwickelt und mit homogeneren, kräftiger grün gefärbten Kernen versehen.

Fig. 2. Spermiozyte mit intensiv grün gefärbtem Chromatinfadengeflecht und nach rechts davon eine andere, nur z. T. abgebildete Spermiozyte mit violettem Chromatinfadengeflecht.

Fig. 3—8. Spermiozyten erster Ordnung im Spindelstadium mit intensiv grün gefärbten Chromosomen; Fig. 3, 6, 7 von der Seite, Fig. 4. 5, 8 von den Enden der Spindel betrachtet (Fig. 4 und 5 in Äquatorialansicht).

Fig. 9 und **10.** In Abschnürung des Teilungsaktes begriffene Spermiozyten erster Ordnung mit den Kernpartien aus gemischten grünen und roten Körnern bestehend (im Übergang von der grünen Farbe in die rote).

Fig. 11. Partie von einem Vertikalschnitt des Epithels in geringerer Vergrösserung mit drei Riesenzellen und Riesenkernen, welche wahrscheinlich als aus ungeteilten Spermiozyten erster Ordnung ausgebildet zu betrachten sind.

Fig. 12—16. Eine Reihe von Praespermiden und Spermiden in verschiedenen Phasen d. Entwicklung. Nach links findet sich eine Praespermide (*Fig. 12*) mit dem noch verhältnismässig grossen, ein violettes Gerüst enthaltenden Kern; *Fig. 13* stellt eine Spermide mit noch hauptsächlich violettem Gerüst in dem reduzierten Kern und mit dem Schwanzfaden angelegt; die *Fig. 14* stellt eine Spermide mit dem Übergang der Färbbarkeit des Kerngerüsts vom Violetten ins Grüne dar; *Fig. 15* und *16* Spermiden mit sich grün färbenden Kernen (Köpfen), in denen aber noch ein fleckig erscheinendes, dunkleres Gerüst hervortritt; der Schwanzanhang mit der Manschette hat sich schon weiter ausgebildet.

Fig. 17—27. Reife Spermien mit intensiv grüner Färbbarkeit des Kopfes, besonders in der hinteren Partie desselben, während die vordere Partie sich bedeutend heller grün färbt; der ganze Schwanz, von dem hier nur die vordere Partie dargestellt ist, wird rötlich gefärbt. Die Fig. 17—19, 23—27 von der breiten Fläche, Fig. 20—22 von der schmalen Seite des Kopfes betrachtet; Fig. 26 und 27 Doppelschwänze.

Fig. 28. Abnorme Spermie mit vorderer kleiner (rot gefärbter) Kugel ohne Cromatinzubstanz (Kernsubstanz, Kopf).

Sämtliche Figuren dieser Tafel sind nach Präparaten wiedergegeben, die von dem ganz frisch im Carnoyschen Gemisch fixierten Hoden eines Hingerichteten herrühren. Sie sind im Biondischen Gemisch gefärbt.

Sie sind (mit Ausnahme der Fig. 11) bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 und ausserdem in dreimaliger linearer Vergrösserung dargestellt.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

Tafel XXIII.

Die Spermiogenese bei Salamandra mac. und Myxine. Hermaphroditismus bei Asterias rubens L.

Behandlung mit dem Biondischen Gemische.

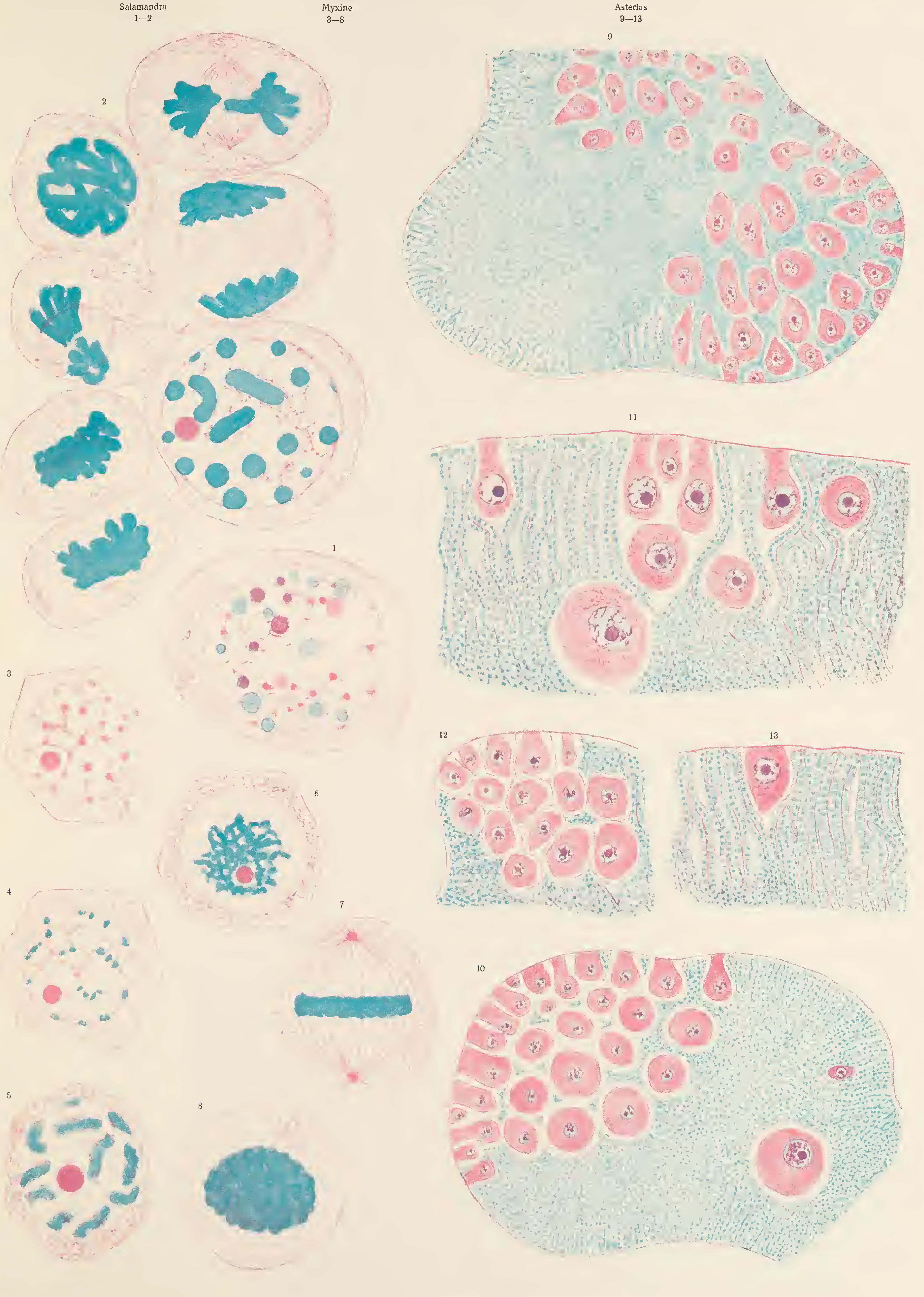
Fig. 1—2. Spermiozyten von *Salamandra maculata* in verschiedenen Teilungsstadien. — *Fig. 1.* Eine Zelle, welche im Begriff ist, aus einem Ruhestadium auszutreten, mit roten, violetten und bleich grünen Chromatinkugeln und Körnern im Kern. — *Fig. 2.* Zellen in verschiedenen Stadien der Teilung, mit grün gefärbten Chromatinstücken und fertigen Chromosomen; unten-rechts eine Zelle mit grünen Kugeln und Stäben in dem Kern, aber rotem Nukleol; oben-links eine Zelle mit der Chromatinsubstanz im Spiremsstadium; neben ihr drei Zellen im Spindelstadium mit grünen Chromosomen; unten-links eine schon geteilte Zelle mit grünen Chromosomen.

Fig. 3—8. Spermiozyten von *Myxine glutinosa* in verschiedenen Stadien der Spermiogenese. — *Fig. 3.* Zelle im Ruhestadium mit rot gefärbten Chromatinkörnern und Netzen in dem Kern; *Fig. 4.* Zelle im Übergang von dem Ruhestadium, z. T. mit grünen Körnern im Kern; *Fig. 5.* Zelle mit grünen Chromatinstäben; *Fig. 6.* Zelle im Spiremstadium; *Fig. 7.* Zelle im Spindelstadium von der Seite; *Fig. 8.* Zelle im Spindelstadium, mit den Chromosomen in der Äquatorialplatte, schief von oben betrachtet. In den Stadien der Fig. 3—6 ist der Nucleolus überall rot gefärbt.

Fig. 9—13. Vertikalschnitte durch die Säckchen der Geschlechtsdrüse eines *hermaphroditischen Asterias rubens,* mit den rot gefärbten Eiern und den grün gefärbten Spermien in verschiedenen Graden von Mischung, indem unter den Spermienmassen zuweilen nur ein einzelnes Ei, zuweilen mehrere, zuweilen aber auch grössere Gruppen von Eiern eingelagert sind. Viele Eier haften noch mit einem Fusse an der Ovarialsackwand und liegen dann oft (Fig. 11, 13) zwischen den Spermiozytenröhren eingekeilt. In den Kernen der Eier ist der Nucleolus stets violett, ebenso die Chromatinfäden rötlich-violett.

Die in Fig. 1—8 abgebildeten Präparate waren im Carnoyschen, die in Fig. 9—13 wiedergegebenen im Zenkerschen Gemische fixiert und alle im Biondischen Gemische gefärbt.

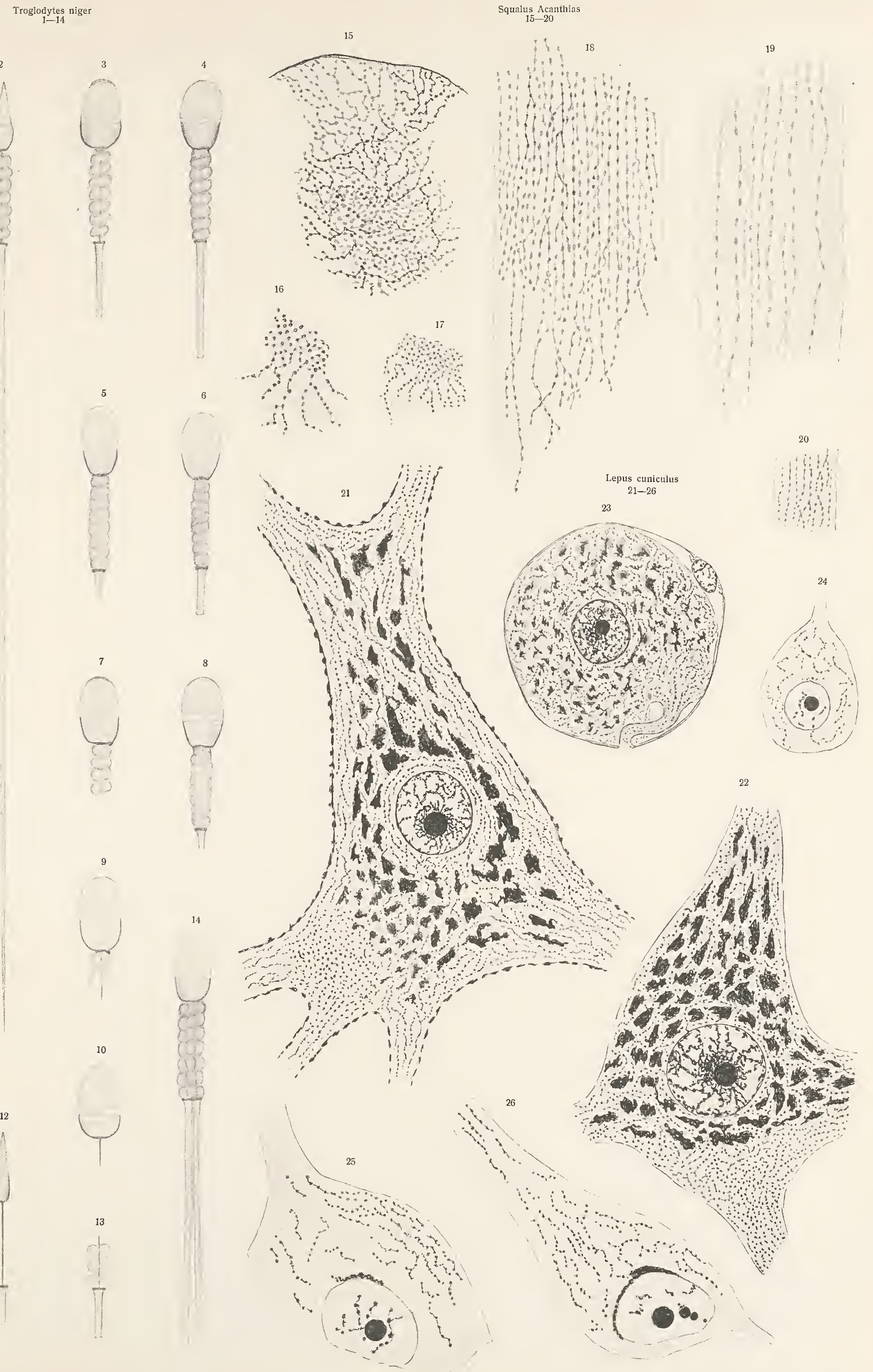
Die Fig. 1—8 sind in dreimaliger linearer Vergrösserung des bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12 erhaltenen Bildes wiedergegeben. Die Fig. 9 und 10 sind bei Zeiss' Apochr. 2 mm., Ok 16 und die Fig. 11—13 bei Zeiss' 2 mm., Ok. 4 abgebildet.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

GUSTAF RETZIUS: Die Spermien des Schimpansen — Zur Frage von der Struktur des Protoplasmas der Nervenzellen — Biol. Unt., N. F., B. XVI, 9 u. 8.



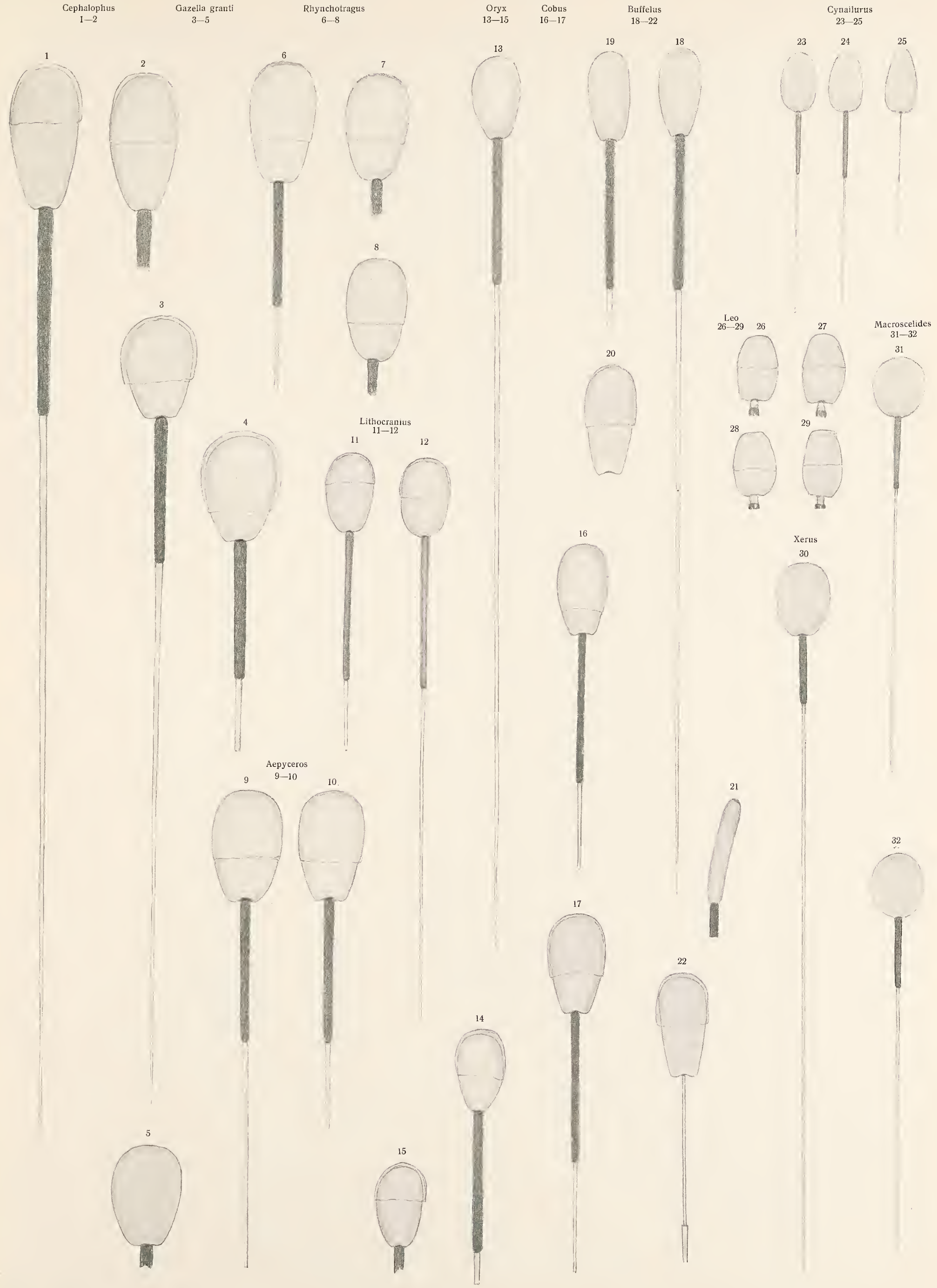
Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.



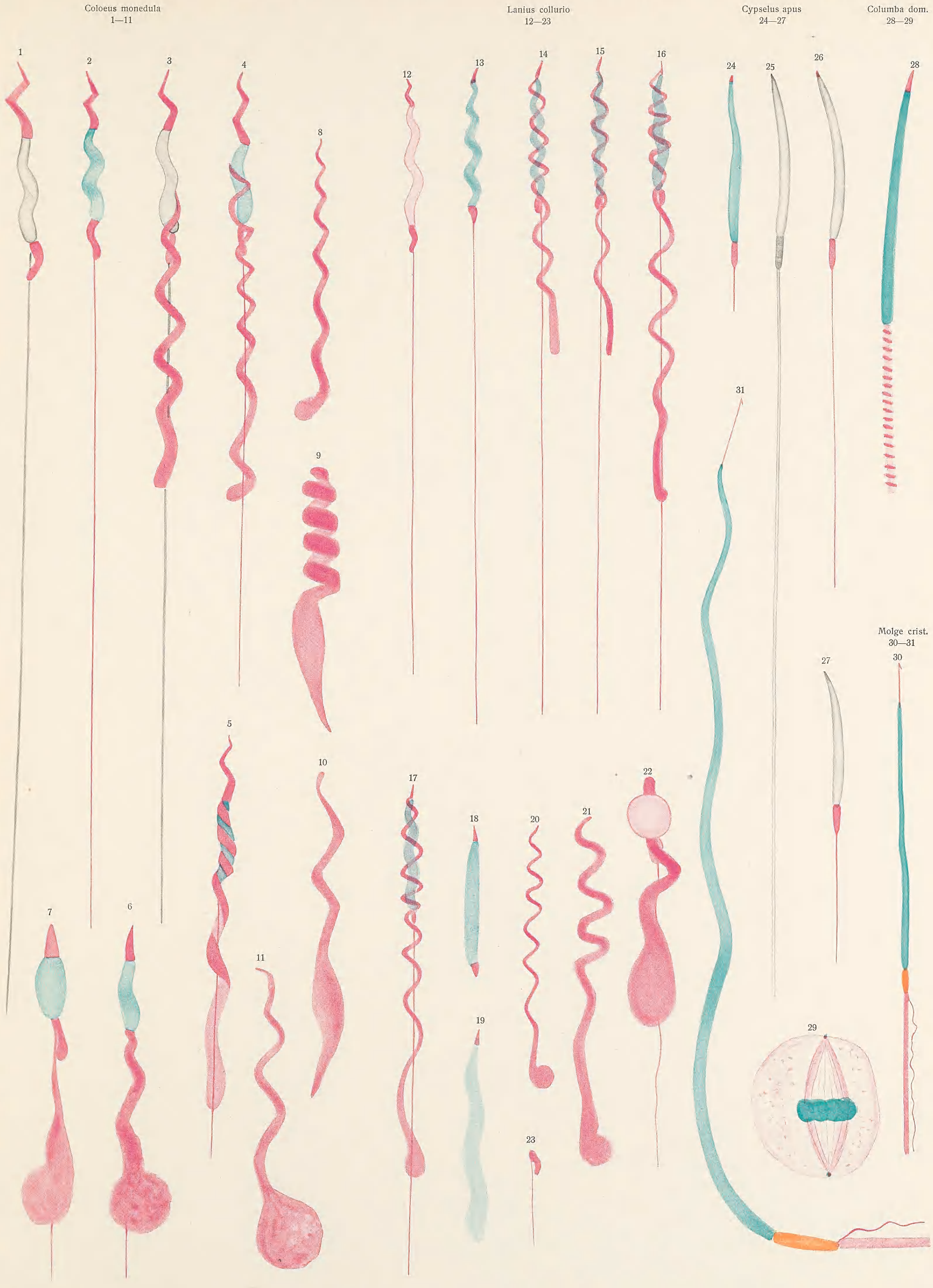
Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.



Gez. v. G. Retzius.

Repr. und. Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.